guia técnico

GESTÃO ENERGÉTICA

Trabalho elaborado no âmbito do contrato realizado entre a ELETROBRÁS/PROCEL e o consórcio Efficientia/Fupai

ELETROBRÁS/PROCEL

Av. Rio Branco, 53 – 20º andar – Centro
CEP 20090-004 – Rio de Janeiro – RJ
www.eletrobras.com/procel - procel@eletrobras.com

Presidente
Silas Rondeau Cavalcante Silva

Diretor de Projetos Especiais e Desenvolvimento Tecnológico e Industrial e Secretário Executivo do PROCEL
Aloísio Marcos Vasconcelos Novais

Chefe de Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia e Coordenador Geral do Projeto de Disseminação de Informações de Eficiência Energética
Renato Pereira Mahler

Chefe da Divisão de Suporte Técnico de Conservação de Energia e Coordenador Técnico do Projeto de Disseminação de Informações de Eficiência Energética
Luiz Eduardo Menandro Vasconcellos

Chefe da Divisão de Planejamento e Conservação de Energia
Marcos de Queiroz Lima

Chefe de Departamento de Projetos Especiais
George Alves Soares

Chefe da Divisão de Desenvolvimento de Projetos Setoriais de Eficiência Energética
Fernando Pinto Dias Perrone

Chefe da Divisão de Desenvolvimento de Projetos Especiais
Solange Nogueira Puente Santos

EQUIPE TÉCNICA

Coordenador Geral
Marcos Luiz Rodrigues Cordeiro

Apoio Técnico
Antônio Ricardo Coelho Miranda
Frederico Guilherme S. M. Castro
Moisés Antônio dos Santos
Patrícia Zofoli Dorna

CONSÓRCIO EFFICIENTIA/FUPAI

EFFICIENTIA
Av. Afonso Pena, 1964 – 7º andar – Funcionários – CEP 30130-005 – Belo Horizonte – MG
www.efficientia.com.br - efficientia@efficientia.com.br

Diretor Presidente da Efficientia
Elmar de Oliveira Santana

Coordenador Geral do Projeto
Jaime A. Burgoa/Tulio Marcus Machado Alves

Coordenador Operacional do Projeto
Ricardo Cerqueira Moura

Coordenador do Núcleo Gestor dos Guias Técnicos
Marco Aurélio Guimarães Monteiro

Coordenador do Núcleo Gestor Administrativo-Financeiro
Cid dos Santos Scala

FUPAI – Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria
Rua Xavier Lisboa, 27 – Centro – CEP 37501-042 – Itajubá – MG

Presidente da FUPAI
Djalma Brighenti

Coordenador Operacional do Projeto
Jamil Haddad*
Luiz Augusto Horta Nogueira*

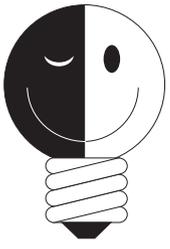
Coordenadora do Núcleo Gestor Administrativo-Financeiro
Heloisa Sonja Nogueira

EQUIPE TÉCNICA

Apoio Técnico
Adriano Jack Machado Miranda
Maria Aparecida Morangon de Figueiredo
Micael Duarte França

Fotografia
Eugênio Paccelli

Autores: Leonardo Resende Rivetti Rocha e Marco Aurélio G. Monteiro

* Professores da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

SUMÁRIO

Apresentação
Considerações iniciais
Siglas e abreviaturas

1 Introdução **13**

2 Programa de Gestão Energética **15**
2.1 Metodologia 17
2.2 Considerações Finais 22

3 A CICE: Comissão Interna de Conservação de Energia **23**
3.1 Estrutura das CICE 23
3.2 Atribuições da CICE 25
3.3 Atribuições dos membros da CICE 26
3.4 Funcionamento da CICE 28

4 Comunicação do Programa **33**
4.1 Campanha de lançamento do PGE 33
4.2 Responsáveis pela comunicação 34
4.3 Divulgação 35
4.4 Prêmio de conservação de energia 42

5 Análise Energética **44**
5.1 Conceitos 44
5.2 Como a energia elétrica é medida 48
5.3 O custo da energia elétrica 49
5.3.1 Tarifas 51
5.3.2 Estrutura tarifária 52
5.3.3 Fator de carga (FC) 54
5.3.4 Preço médio (PM) 57
5.4 A conta de energia elétrica 58
5.5 Consumo específico 64
5.6 Custo específico 66
5.7 Como reduzir o consumo específico de energia elétrica 67
5.8 A economia em kWh 68
5.9 A economia em R$ 69
5.10 Análise de viabilidade econômica 70
5.11 Orientações para realizar o rateio de energia elétrica 78
5.12 Orientações para gerenciar a demanda 83

6 Controles do índices 90

7 Uso da energia 98

7.1 Meio ambiente 98

7.1.1 A eficiência energética e o meio ambiente 99

7.2 Instalaçõs elétricas 103

7.2.1 Fator de potência (FP) 105

7.2.2 Transformadores 108

7.2.3 Automação e controladores de demanda 110

7.3 Iluminação 112

7.3.1 Conceitos básicos 113

7.3.2 Tipos de lâmpadas usuais 116

7.3.3 Reatores 120

7.3.4 Luminárias e difusores 121

7.3.5 Medidas para conservar energia elétrica na iluminação 122

7.4 Força motriz 125

7.5 Ventilação e bombeamento 133

7.6 Ar comprimido 135

7.7 Ar condicionado 140

7.8 Refrigeração 145

7.9 Aquecimento 154

7.10 Outros usos 166

8 Links úteis 173

9 Bibliografia 174

Anexo 176

Consumidores livres 176

APRESENTAÇÃO

Em 1985, o Governo Federal criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e implementado pela Eletrobrás, com o objetivo principal de contribuir para a redução do consumo e da demanda de energia elétrica no país, mediante o combate ao desperdício desse valioso insumo.

A Eletrobrás/Procel mantém estreito relacionamento com diversas organizações nacionais e internacionais cujos propósitos estejam alinhados com o citado objetivo, destacando-se o Banco Mundial (BIRD) e o Global Environment Facility (GEF), que têm se constituído em importantes agentes financiadores de projetos na área da eficiência energética.

O GEF, que concede suporte financeiro às atividades relacionadas com a mitigação de impactos ambientais, como o uso racional e eficiente da energia, doou recursos à Eletrobrás/Procel, por intermédio do Bird, para o desenvolvimento de vários projetos, com destaque para "Disseminação de Informações em Eficiência Energética", tema deste trabalho. Concebido e coordenado pela Eletrobrás/Procel, este projeto foi realizado pelo Consórcio Efficientia/Fupai, com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Objetiva, basicamente, divulgar informações sobre tecnologias de uso eficiente de energia para profissionais de setores diretamente envolvidos, como o industrial e o comercial, bem como para aqueles vinculados a prédios públicos e órgãos de saneamento, relativos a aspectos tecnológicos e operacionais que permitam reduzir o desperdício de energia elétrica. Este projeto também engloba a elaboração de casos de sucesso e treinamentos específicos que retratem os conceitos do uso racional e eficiente da energia.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em 2001, o Brasil vivenciou uma crise de abastecimento no setor elétrico. Duas conseqüências positivas sobressaíram desta crise: a forte participação da sociedade na busca da solução e a valorização da eficiência no uso de energia. Em decorrência desse processo involuntário de aprendizagem, vem se formando uma consciência de que a eficiência energética não pode estar vinculada apenas a questões conjunturais. Deve, sim, fazer parte, de forma definitiva, da política energética nacional, mediante a promoção de medidas que permitam agregar valor às iniciativas já em andamento no País, o desenvolvimento de produtos e processos mais eficientes e a intensificação de programas que levem à mudança de hábitos de consumo.

A energia é um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. A racionalização de seu uso apresenta-se como alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação. Em alguns casos, significativas economias podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente.

Dentre os aspectos econômicos envolvidos na atividade de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa. Hoje, o mercado está cada vez mais orientado a dar preferência a produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente.

Uma empresa que deseja alcançar uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável. É necessário, pois, incentivar todos os empregados a obter o produto ou serviço com a melhor qualidade possível e o menor consumo de energia.

Espera-se que as informações contidas neste Guia sejam úteis aos técnicos das empresas brasileiras, capacitando-os a implementar melhorias que resultem no uso responsável dos recursos naturais e energéticos, bem como no aumento da competitividade dos setores produtivos e de serviços do País.

A Eletrobrás / Procel e o Consórcio Efficientia / Fupai agradecem os esforços de todos aqueles que participaram dos vários estágios da elaboração deste documento, incluindo as fases de concepção inicial e de revisão final do texto. Registramos as contribuições, notadamente, de João Carlos Rodrigues Aguiar (Cepel), de Márcia de Andrade Sena Souza, Marcos Luiz Rodrigues Cordeiro e Rose Pires Ribeiro (Consultores). Manifestamos, também, nosso reconhecimento ao precursor deste Guia, o engenheiro Leonardo Resende Rivetti Rocha, da Cemig.

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
CD	"Compact disk" – disco ótico
Cepel	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
COP	Coeficiente de performance
ESCO	Energy saving company, ou empresa de serviço em conservação de energia
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de efluentes / esgoto
FC	Fator de carga
FP	Fator de potência
FS	Horário fora de ponta em período seco
FU	Horário fora de ponta em período úmido
HFP	Horário fora de ponta
HP	Horário de ponta
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias
MME	Ministério de Minas e Energia
MT	Média tensão
NHFP	Número de horas fora de ponta
NHP	Número de horas de ponta
PGE	Programa de Gestão Energética
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PS	Horário de ponta em período seco
PU	Horário de ponta em período úmido
S	Período seco
SGE	Sistema de Gerenciamento de Energia
SIPAT	Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho
THS	Tarifação horo-sazonal
TIR	Taxa interna de retorno
U	Período úmido
VPL	Valor presente líquido

1 Introdução

A gestão energética de uma instalação ou de um grupo de instalações compreende as seguintes medidas:

- Conhecer as informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos; os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável; e as possibilidades de economia de energia.
- Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação.
- Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

A Eletrobrás e o Procel, com o apoio do Pnud, contrataram a edição deste Guia para auxiliar as empresas e instituições a realizarem a gestão energética de suas instalações.

A evolução do consumo de energia, as dificuldades crescentes para se atender ao crescimento desse consumo, o custo crescente das alternativas de suprimento, o impacto negativo no meio ambiente que novas plantas de oferta de energia causam e a necessidade de as empresas inserirem-se em um mundo globalizado e competitivo, que requer reduções de custo, justificam a elaboração deste Guia.

Propõe-se aqui instrumentalizar os responsáveis pelas empresas e por seus setores de energia com ferramentas e conhecimentos que os capacitem a executar um gerenciamento energético que leve ao uso eficiente da energia dentro de suas empresas e que mantenha seus usuários motivados a colaborarem com as ações propostas.

Para o sucesso da gestão energética, é imprescindível o comprometimento da direção das empresas e instituições. Esse assunto será abordado no capítulo 2, juntamente com o esclarecimento da necessidade de estabelecer um Programa de Gestão Energética (PGE) para a empresa.

No capítulo 3, mostra-se a necessidade da constituição de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) para a execução do PGE, cujos membros ficarão responsáveis por sua operacionalização. São esclarecidas sua constituição, atividades e responsabilidades.

No capítulo 4, são apresentadas técnicas de comunicação, extremamente necessárias para que o PGE não fique restrito ao grupo da CICE, já que a gestão energética envolve todos os usuários de energia da instalação. A comunicação é um dos pilares do PGE, juntamente com o conhecimento técnico sobre análise energética e índices de controle.

No capítulo 5, são apresentadas as informações necessárias ao gerenciamento energético, no que se refere a seus aspectos técnicos, às formas de contratação e medição de energia, aos custos e fatores que a afetam e às indicações para reduzir e monitorizar os custos.

No capítulo 6, aborda-se a questão do acompanhamento dos resultados, mediante a geração de índices de controle mensais, sua visualização e divulgação por meio de gráficos.

As orientações práticas apresentadas nos capítulos 5 e 6 constituem informações muito importantes para os usuários deste Guia encarregados da gestão energética em suas empresas ou instituições.

Finalizando a parte técnica, o capítulo 7 apresenta, para os diversos usos finais de energia, um pequeno resumo sobre as tecnologias envolvidas e os aspectos a serem observados na redução do consumo de energia. Não se pretende aqui exaurir o assunto, pois não é este o objetivo deste Guia. O Procel/Eletrobrás dispõe de guias específicos sobre os assuntos abordados.

Os capítulos 8 e 9 oferecem, respectivamente, dicas de links e referências bibliográficas para aqueles que queiram se aprofundar no assunto.

No Anexo I, apresenta-se um texto sobre consumidores *livres* para aqueles leitores que desejarem conhecer esse novo agente do mercado de energia elétrica e as regras a que estão submetidos.

Acompanha este Guia um CD com arquivos que auxiliarão os membros da CICE na execução de suas atividades. São documentos e planilhas usados ou mencionados ao longo do texto deste Guia.

2 Programa de Gestão Energética

A implantação de um Programa de Gestão Energética (PGE) deve ser a primeira iniciativa ou ação visando à redução de custos com energia em uma empresa. A importância da implantação do PGE deve-se ao fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo. Um PGE deve ser estruturado de forma que os resultados de sua implementação se mantenham e as ações adotadas não percam seu efeito ao longo do tempo.

O PGE visa otimizar a utilização de energia por meio de orientações, direcionamento, propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Objetiva-se reduzir os índices globais e específicos da energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto.

A empresa deve entender que o PGE não trata de:

- racionamento de energia;
- redução na qualidade dos produtos fabricados ou dos serviços prestados; ou
- ações mesquinhas de economia ou de poupança.

Na maioria das empresas, a preocupação com a gestão de energia, geralmente, é de caráter pontual, não tem continuidade e fica delegada aos escalões inferiores da organização. Isso não quer dizer que deva ser negligenciada. Na verdade, muito esforço nesse sentido já foi realizado e muitos resultados relevantes foram colhidos. Existe a consciência de que, cada vez mais, o tema "Gestão energética" vem merecendo a atenção e o empenho da direção das empresas e de todos os seus níveis hierárquicos.

Atualmente, estamos assistindo a importantes transformações em nosso País e no mundo com respeito à preocupação com a preservação do meio ambiente. É importante que as empresas procurem se antecipar às mudanças que ocorrerão quanto às exigências de um novo mercado consumidor, que dará preferência a produtos de empresas que possuam o compromisso com a preservação do meio ambiente e com o não desperdício.

O PGE é uma alternativa para mostrar ao mercado que a empresa está comprometida com esses valores. Aliás, para reivindicar a certificação ISO 14000 é exigida a implantação de um programa de conservação.

Para demonstrar a sua importância na política administrativa interna, este programa deve ser formalmente lançado como um marco na existência da empresa. Em função disso, deverá ocorrer por meio de um documento ou evento formal.

Para a implementação do PGE, a empresa deve delegar responsabilidade ao grupo de funcionários encarregados de criá-lo e de implementá-lo. A direção deve manter-se comprometida com o seu sucesso, devendo acompanhar suas ações e resultados, e demonstrar seu apoio.

Assim, decidida a importância estratégica do PGE, seu lançamento deverá abranger, no mínimo: sua institucionalização no organograma da empresa, suas diretrizes e os responsáveis por sua condução.

Segue um modelo de documento formalizando o PGE numa empresa.

TIMBRE da EMPRESA

CIRCULAR Nº ---------/2004

Implanta o "Programa de Gestão Energética" na (nome da Unidade / Empresa).

O Presidente/ Diretor (fulano de tal) da (*nome Empresa*),

CONSIDERANDO que:

- a (Empresa) necessita reduzir custos e tornar-se mais competitiva;
- a Diretoria é a responsável pela elaboração da Política de Gestão Energética da empresa;
- o uso eficiente da energia deve ser uma preocupação de todos e impacta positivamente o meio ambiente, a comunidade e os resultados da empresa;
- (inserir outros motivos, se necessário);

RESOLVE:

1º - Fica instituído na *Empresa* o "*Programa de Gestão Energética" (ou outro nome).*

2º - A coordenação e execução do programa ora instituído ficará a cargo da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) (ou outro nome).

3º - Integram a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) o ____ (função), que a coordenará, e o ____ (função), que será seu Secretário Executivo, a partir desta data.

4º - A CICE poderá ter outros participantes voluntários ou eleitos. O Coordenador e o Secretário ficam responsáveis pela constituição da equipe da CICE, em até __ dias.

5º - O estatuto e as atribuições da CICE serão definidos por seus membros e aprovados pela Diretoria, num prazo de ___ dias.

6° - É missão da CICE otimizar o uso de energia na EMPRESA, sendo sua meta nos próximos __ meses reduzir o consumo específico de energia em __ %.

Esta Circular entra em vigor na data de sua publicação.

____

Nome - Diretor
cidade, data.

2.1 Metodologia

A implantação de um Programa de Gestão Energética requer mudanças de procedimentos, de hábitos e de rotinas de trabalho, o que, na maioria das vezes, é um obstáculo difícil de ser superado, em virtude da resistência natural que as coletividades oferecem a propostas desse tipo.

Torna-se, então, importante e necessário o engajamento da direção superior da empresa e de todo o seu corpo funcional, técnico e administrativo, na busca de um objetivo comum, mediante um trabalho conjunto. Com o objetivo de superar as dificuldades inerentes às resistências coletivas, a empresa deverá demonstrar claramente sua intenção de atingir os objetivos de racionalização do consumo de energia.

As ações de eficiência energética propostas para as empresas contemplam dois tipos principais de medidas:

a) Medidas que impliquem ações de gestão nas instalações, incluindo:

- treinamento de pessoal, com o objetivo de criar um ambiente de conscientização nos colaboradores da empresa; e
- fixação de procedimentos operativos, de manutenção e de engenharia, objetivando a perenidade do programa a ser desenvolvido.

b) Medidas que impliquem ações de atualização tecnológica, com a substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes.

As medidas propostas no item **a** darão ênfase aos aspectos de educação e de treinamento, e deverão ter custos significativamente menores do que as medidas propostas no item **b**, ainda que seus efeitos somente sejam obtidos no médio/longo prazo. As medidas propostas no item **b** incluirão a aquisição de equipamentos, devendo, portanto, representar investimentos elevados, porém com efeitos no curto prazo.

A experiência internacional aponta para a conclusão de que as medidas de educação e de treinamento, tipicamente, resultam em redução do consumo de energia da ordem de 5% após o período de um ano, a partir do início de sua implementação, a um custo inferior a 1% do custo total de um Programa de Gestão Energética global.

As empresas interessadas poderão consultar os exemplos de projetos de gestão energética disponíveis no Procel.

As empresas devem estar conscientes de sua imagem pública. Um Programa de Gestão Energética bem-sucedido e que, simultaneamente, contribua para a melhoria do meio ambiente promove uma significativa publicidade positiva perante seus clientes e a sociedade em geral.

O início de um PGE deve ser precedido de uma preparação de todos os envolvidos. Sugere-se uma campanha de lançamento, descrita no capítulo 4. Essa preparação é necessária para sensibilizar todos os funcionários da empresa para reduzir resistências, o que é normal quando mudanças são implementadas, e para mostrar o real comprometimento da Direção.

A seguir, apresenta-se uma sugestão de metodologia para a implementação do PGE nas empresas.

Primeiro passo: ações de treinamento e informação

Inicialmente, deve ser constituída uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), que deverá estabelecer os principais usos da energia nas instalações da empresa, para definir o programa de treinamento mais adequado. Nesta fase, a empresa poderá contar com a experiência de uma consultoria especializada ou com a assistência do Procel. O programa de treinamento deve ser dividido em duas etapas:

a) Treinamento para a gerência de energia.

Os principais tópicos a serem cobertos nesta etapa deverão incluir:

- aspectos gerais de gerência de energia;
- metodologias de conscientização – como implementar, como influenciar os tomadores de decisão na estrutura da empresa, como motivar mudanças de hábitos e de comportamento e como evitar as armadilhas mais comuns;
- requisitos de medição necessários;
- metodologias de controle e acompanhamento;
- avaliação de resultados; e
- visita a um programa bem sucedido.

b) Treinamento para o nível técnico

Esta etapa deverá estar relacionada, principalmente, com o Setor de Utilidades. Os principais tópicos a serem cobertos nesta etapa deverão incluir os aspectos gerais de manutenção associados com a eficiência energética e sua inserção nos programas de qualidade existentes.

Segundo passo: estruturação do programa

O Programa de Gestão Energética deverá seguir a premissa de que é necessário planejar para controlar. O Programa pode ser assim estruturado:

1. Identificação dos vetores primários e secundários

Os vetores primários correspondem aos insumos adquiridos na forma bruta: energia elétrica, gás natural, óleo combustível, água industrial, etc.

Em seguida, deverão ser identificados os *vetores secundários*, ou seja, as formas de energia que serão utilizadas nas unidades produtivas e administrativas das instalações da empresa, tais como: energia elétrica para iluminação e motores, ar comprimido e vapor de processo. Esta etapa do trabalho representa, na realidade, a constatação das matrizes energéticas das instalações.

2. Identificação dos parâmetros de controle

Os parâmetros de controle deverão ser estabelecidos para cada um dos centros de consumo identificados. Deverão considerar os consumos específicos que possam estar relacionados às respectivas sazonalidades da produção. As correlações deverão ser estabelecidas por análises estatísticas e, tanto quanto possível, lineares.

3. Estabelecimento das metas de redução de consumo

As metas de redução de consumo deverão ser estabelecidas com base em parâmetros de controle previamente definidos. A fixação das metas pode ser feita:

- utilizando informações sobre o consumo histórico do centro de consumo em questão;
- utilizando informações sobre *benchmarks* disponíveis; ou
- de forma arbitrária, fixando um percentual a ser atingido em determinado período de tempo (por exemplo: redução no consumo de energia elétrica em 1% para o próximo semestre).

A fixação das metas deverá ser sempre feita de forma realista, com objetivos claros e que possam ser efetivamente atingidos, mas que sejam desafiadoras.

4. Estabelecimento dos sistemas de medição

Só se pode gerenciar o que se pode medir. Deve-se estabelecer um sistema de medição adequado que permita a obtenção da base de dados desejada e que possa servir para avaliar os resultados alcançados.

A implantação de um sistema de medição requer alguns cuidados importantes:

- sistemas de medição sofisticados são, normalmente, custosos; e
- sistemas simplificados são, em geral, suficientes para este propósito. Muitas vezes, é possível optar-se por um regime de condomínio ou obter-se o consumo de determinado centro de consumo por cálculo ou por diferença.

Terceiro passo: Procedimentos operacionais e de engenharia

O Programa de Eficiência Energética deverá observar os seguintes princípios:

- ***Formal.*** É natural que muitas instruções e ordens sejam transmitidas oralmente na jornada diária. Para uma ação contínua e de ampla repercussão, é recomendável manter as diretrizes, instruções, decisões e resultados registrados e organizados por escrito. Neste caso, devem ser utilizados os veículos de comunicação já existentes na empresa, tais como: jornais periódicos, folhetos, cartazes e quadros de avisos.
- ***Concreto.*** O programa não pode se constituir somente de intenções, mas sim de ações concretas e específicas, tais como: cuidados a serem tomados por ocupantes em áreas equipadas com condicionamento de ar, rotina a ser seguida para identificação e comunicação às equipes de manutenção no caso de vazamentos em tubulações e dutos.
- ***Justificado.*** Em especial, as ações que demandam mudanças de hábitos devem ser justificadas, além de previamente discutidas, para serem mais bem aceitas e pouco questionadas.
- ***Quantificado.*** As metas deverão ser claramente quantificadas em valores de energia ou em moeda corrente para que não haja dúvidas em relação aos objetivos a serem alcançados.
- ***Responsabilidades definidas.*** Cada uma das ações deve ter responsáveis diretos, pois o programa exige a atuação de pessoal afeto a todos os setores. Devem ser definidos responsáveis locais, cabendo à CICE a supervisão global. Por exemplo, o supervisor da caldeira deverá reduzir o consumo de óleo combustível nos próximos três meses em 0,5% por unidade de vapor produzido, mediante a aplicação do procedimento indicado pelo fabricante para manutenção/regulagem dos queimadores.
- ***Comprometido em objetivos.*** Um programa tímido quanto a seus objetivos obterá resultados pobres. A efetiva redução com energéticos exige metas, controle, acompanhamento e continuidade. As metas fixadas deverão ser realistas, para que haja um efetivo compromisso com sua realização. Da mesma forma, a empresa deverá prover os recursos necessários à implantação dos programas.

- ***Dinâmico.*** Em função das inovações tecnológicas, das alterações no ambiente empresarial e de novas circunstâncias, o PGE deve ser revisado periodicamente.
- ***Coletivo.*** Ninguém dentro da empresa deve ficar alheio ao PGE, incluindo prestadores de serviço e usuários, tanto no processo da sua elaboração como no seu desenvolvimento.
- ***Divulgado.*** As ações programadas, as metas e os resultados obtidos devem ser divulgados periodicamente e comparados com situações anteriores, de modo a mostrar seus benefícios e, de certa forma, incentivar os responsáveis e colaboradores diante dos demais colegas da empresa. Um sistema de prêmios poderá ser utilizado como elemento motivador.
- ***Visão de longo prazo.*** As ações implementadas devem ter incorporada à visão de longo prazo.

5. Ferramentas de engenharia

As ferramentas de engenharia a serem utilizadas no programa incluem um conjunto de procedimentos para a substituição de equipamentos e materiais por outros de maior eficiência energética e para as atividades de operação e manutenção das instalações existentes. A seguir, relacionam-se alguns exemplos de ferramentas que deverão ser desenvolvidas ou aperfeiçoadas pela empresa no desenvolvimento do Programa de Gestão Energética. Conforme já mencionado, nesta fase a empresa deverá contar com a experiência de uma consultoria especializada ou com a assistência do Procel.

- Elaboração de uma política de compras, com as respectivas justificativas econômicas, para a substituição de equipamentos e materiais por outros de maior eficiência, de modo a demonstrar claramente à administração superior as vantagens econômicas do programa proposto. Os exemplos devem incluir a substituição de luminárias, lâmpadas fluorescentes e reatores, bem como de motores danificados, a instalação de lâmpadas de sódio de alta pressão nas áreas externas ou em galpões, etc. As justificativas econômicas deverão indicar o prazo de retorno dos investimentos, considerando o tempo de utilização, sua vida útil, os novos valores de consumo, a redução nos custos de manutenção, etc.
- Elaboração das folhas de dados (especificações simplificadas) para a aquisição desses equipamentos e materiais.
- Elaboração de instruções de operação que evitem o funcionamento de esteiras rolantes vazias e que estimulem a utilização de água tratada para lavagem de pátios ou calçadas e de ar comprimido para limpeza de roupas ou ambientes.
- Elaboração de instruções de operação que identifiquem com rapidez vazamentos em tubulações e que façam sua pronta comunicação aos setores de manutenção.
- Elaboração de instruções de operação que mantenham os equipamentos momentaneamente fora de uso no "modo de consumo reduzido" ou desligados. Estas instruções se aplicam a computadores pessoais, máquinas copiadoras e circuitos de iluminação que não disponham de sensores de presença (sanitários, refeitórios, etc.).

Quarto passo: Avaliação dos resultados

Os resultados devem ser avaliados em termos de: verificação do cumprimento dos prazos e custos inicialmente previstos, economia efetivamente obtida em unidades de energia por unidade de produto ou de serviço e redução dos custos incorridos.

2.2 Considerações finais

A Direção deverá estabelecer objetivos claros e apoiar a implantação do PGE, enfatizando a sua necessidade e importância, aprovando e estabelecendo metas a serem atingidas ano a ano, efetuando um acompanhamento rigoroso, confrontando os resultados obtidos com as metas previstas, analisando os desvios, propondo medidas corretivas em caso de distorções e providenciando revisões periódicas e oportunas nas previsões estabelecidas. Tal posicionamento acarretará o aumento da competitividade de que as empresas tanto necessitam.

O PGE é constituído de três pilares ou estratégias: Diagnóstico Energético (levantamento da situação); Controles dos Índices (análise e acompanhamento dos dados); e Comunicação do Programa e seus resultados (divulgação). À CICE cabe sua gestão. Estes pilares e a constituição da CICE serão objeto de estudo ao longo deste Guia.

Todas as ações desenvolvidas no PGE estão enquadradas em um desses pilares, e muitas delas devem ser desenvolvidas simultaneamente. Isto significa que não existe um pilar mais importante que o outro.

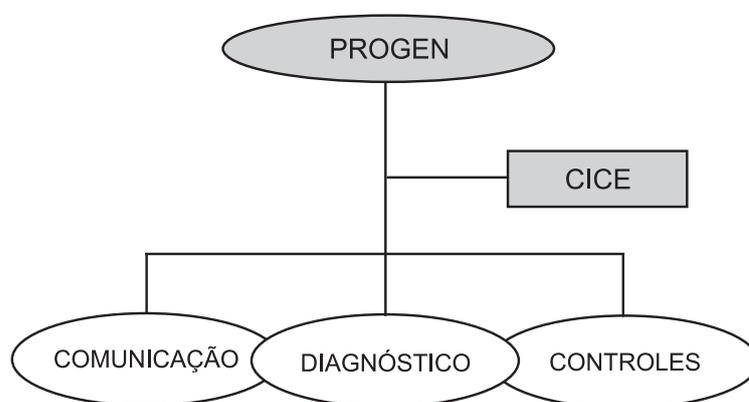



Figura 2.1: Pilares do PGE

3 A CICE: Comissão Interna de Conservação de Energia

Para a coordenação do PGE, é necessária a constituição de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE).

A CICE foi instituída na administração pública federal pelo Decreto 99.656, de 26/10/90. O CD que acompanha este Guia contém arquivo com a íntegra do decreto. Em alguns estados, também foi institucionalizada pela administração pública estadual (por exemplo, em Minas Gerais, pelo Decreto 39.340, de 17/12/1997), tendo por objetivo propor, implementar e acompanhar medidas efetivas de utilização racional de energia, bem como controlar e divulgar as informações mais relevantes. A sua concepção, no entanto, aplica-se a toda instalação, seja ela do setor privado ou público, em nível federal, estadual ou municipal.

3.1 Estrutura das CICE

Como sugestão para o funcionamento da CICE, a Direção poderá adotar a seguinte estrutura:

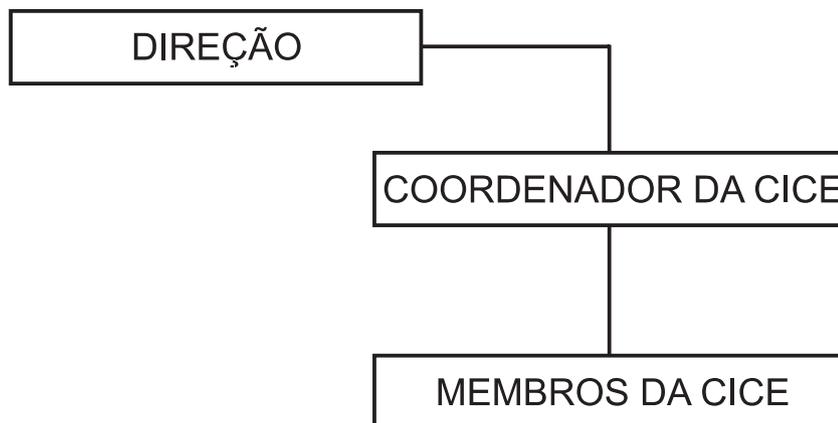



Figura 3.1: Sugestão de estrutura para a criação da CICE

Considerando o propósito e a abrangência dos serviços que deverá realizar, a CICE deve estar diretamente vinculada à Direção da empresa. Sua constituição deve ser matricial; isto é, dependendo do porte da empresa, deve ter representantes de todas as diretorias ou áreas da empresa e não deve manter relações de hierarquia.

A CICE poderá ser composta de representantes do empregador e dos empregados. Seu dimensionamento dependerá do porte da empresa. No início da gestão, aconselha-se que seja constituída apenas de integrantes indicados pela Direção. Após consolidada, a CICE poderá ser formada por membros eleitos pelos empregados e os designados pela Direção.

Sugerem-se mandatos de dois anos e com direito a apenas uma reeleição, para promover maior dinamismo, criatividade, integração e abrangência do PGE.

A Direção deve designar o coordenador da CICE. A coordenação deverá ser exercida, preferencialmente, por um engenheiro que possua conhecimento de utilização racional de energia ou por empregado que tenha capacitação nesse campo de conhecimento. Deverá estar subordinada funcionalmente à Direção, para as questões de gestão energética e da CICE.

A CICE abrangerá atividades administrativas, técnicas e de comunicação. Assim, sugere-se que ela possua pelo menos três integrantes, um para cada atividade, sendo um deles o coordenador. Em empresas de maior porte, cada setor/área deve ter um participante na CICE. Nesses casos, aparecem as figuras do secretário e do vice-coordenador. Em empresas de maior porte ou com várias unidades, podem-se criar CICE centrais, ou coordenadoras, e CICE locais, ou distribuídas por unidade.

Deve-se formalizar a criação do PGE e da CICE mediante a edição de uma circular/resolução da Diretoria (modelo do capítulo 2). Todas as ações decididas pela CICE, da mesma forma, devem ser formalizadas em atas de reunião, relatórios de atividade e documentos/circulares da empresa.

Essa documentação permitirá que futuros participantes possam evitar retrabalhos, que a Direção possa acompanhar o trabalho desenvolvido e que terceiros possam dar apoio ou aprender com as ações desenvolvidas. Formulários padronizados devem ser criados, assim como os processos de levantamento e acompanhamento de dados devem ser normalizados.

Com todas as informações formalizadas, organizadas e arquivadas, será possível dar e ou receber apoio de instituições, como o Procel, o Ministério de Minas e Energia (MME), e de organismos e empresas que lidam com eficiência energética.

Essas informações servirão para medir e permitir a disseminação da cultura da eficiência energética, divulgar casos de sucesso, motivar a criação de mais CICE e apoiar e incentivar aquelas em atividade. Além disso, são necessárias para negociar alterações no contrato de fornecimento com as concessionárias de energia.

3.2 Atribuições da CICE

A CICE deverá ter um plano de trabalho, com a descrição de objetivos, metas, cronograma de execução e estratégia de ação. A elaboração do plano de trabalho faz-se necessária, visto que a CICE deve ser uma comissão proativa. O plano poderá ser estruturado nas próprias atas de reunião, mas deverá, necessariamente, constituir-se em um documento separado.

São atribuições da CICE:

- Realizar ou contratar um diagnóstico energético. Para conhecer o desempenho energético das instalações, é necessário realizar um diagnóstico que permita verificar as condições de operação dos diferentes equipamentos e dos processos nos quais estão inseridos. Os consumos previstos dos equipamentos podem ser obtidos por meio de informações de fabricantes e análise das instalações, assim como por meio da comparação de consumo dos diversos equipamentos similares, tais como ar-condicionado e bombas com potências e características de operação semelhantes.
- Controlar e acompanhar o faturamento de energia desagregado em seus parâmetros: consumo (kWh), demanda (kW) e fatores de carga e de potência, a partir da elaboração de gráficos e relatórios gerenciais, visando subsidiar o acompanhamento do PGE e a tomada de decisões.
- Avaliar, em cada reunião, os dados levantados, analisar o cumprimento das metas fixadas no plano de trabalho e discutir as situações de desperdício de energia elétrica, além de promover a análise das potencialidades de redução do consumo específico de energia e da demanda.
- Propor medidas de gestão de energia. Do diagnóstico e da análise do custo de energia resultam medidas corretivas a serem tomadas que podem ser implantadas em função de um cronograma de ações, programadas pela CICE.
- Realizar, periodicamente, inspeções nas instalações e nos procedimentos das tarefas, visando identificar situações de desperdício de energia. Compreende a avaliação dos procedimentos e modos de operação, com o intuito de identificar melhorias nestes.
- Conscientizar e motivar os empregados. Divulgar para os empregados informações relativas ao uso racional de energia elétrica e aos resultados alcançados, em função das metas que forem estabelecidas. A melhor forma de despertar o interesse e o engajamento dos empregados é por meio da comunicação. Um PGE terá melhores resultados se houver motivação de todos os empregados e treinamentos que garantam a correta execução do programa. A comunicação poderá ser realizada por

meio de informativos internos, folhetos, treinamentos, cartazes, *slogans*, adesivos, palestras, concursos, visitas, mensagens eletrônicas, etc. Reuniões periódicas com o pessoal, para mantê-lo informado do desenvolvimento do programa e dos resultados obtidos, servem de estímulo, tornando o programa uma causa de todos. Esse tema será abordado no capítulo 4.

- Participar de aquisições que envolvam o consumo de energia. É importante a participação da CICE na elaboração das especificações técnicas para projetos e na construção e aquisição de bens e serviços que envolvam consumo de energia, assim como nas conseqüentes licitações. É fundamental orientar e subsidiar as comissões de licitação para que as aquisições sejam feitas considerando-se também a economicidade do uso, avaliado pelo cálculo do custo-benefício ao longo da vida útil dos equipamentos, e não somente pela comparação do investimento inicial. Sugerir a aquisição de equipamentos com o selo Procel. A relação dos equipamentos pode ser encontrada no site www.eletrobras.com/procel/.
- Designar agentes, representantes ou coordenadores para atividades específicas relativas à conservação de energia.

Com as atribuições supracitadas, a CICE poderá empreender as seguintes ações:

- controlar o consumo específico de energia elétrica e total, por setor e ou unidade;
- controlar o custo específico de energia elétrica e total, por setor e ou unidade;
- gerenciar a demanda total, por setor e ou unidade;
- articular-se com os órgãos governamentais e outros responsáveis pelos programas de conservação de energia elétrica, com vistas à obtenção de orientação e ao fornecimento de informações;
- providenciar cursos específicos para o treinamento e a capacitação do pessoal;
- promover ou propor alterações nos sistemas utilizadores de energia, visando adequar seu consumo; e
- avaliar os resultados e propor novas metas para os períodos subseqüentes.

3.3 Atribuições dos membros da CICE

Coordenador da CICE: propor a pauta de reunião; coordenar as reuniões da CICE, encaminhando à Direção e empregados as decisões da Comissão; coordenar e supervisionar as atividades de secretaria; delegar atribuições aos integrantes da Comissão; coordenar e supervisionar as atividades da CICE, zelando para que os objetivos propostos sejam alcançados; e manter relacionamento com a Direção, fornecedores de equipamentos, empresas e instituições de eficiência energética.

Secretário da CICE: convocar os membros para as reuniões da Comissão (FIG. 3.1); coletar e organizar todas as informações que servirão de base aos pronunciamentos da Comissão; acompanhar as

reuniões da CICE, redigindo as atas e apresentando-as para aprovação e assinatura dos membros presentes; constituir e manter em acervo os documentos relativos ao PGE; e divulgar as decisões da CICE.

Demais membros: sugerir assuntos; comparecer a todas as reuniões da CICE; coletar e apresentar sugestões suas e dos não participantes (colegas de área); e realizar as atividades para as quais for designado.

Direção: acompanhar os trabalhos; estabelecer diretrizes; proporcionar aos membros da CICE os meios necessários ao desempenho de suas atribuições, garantindo recursos suficientes para a realização das tarefas constantes do plano de trabalho por ela aprovado; e prover treinamentos e eventos para os integrantes da CICE e empregados.

CONVOCAÇÃO DA REUNIÃO Nº CICE - Nome		
DATA: xx-xx-xx	HORÁRIO: de xx:xx às xx:xx	LOCAL: ______________________
PAUTA: - - - - - - - -		
PARTICIPANTES: - - -		
Convocada por: Nome do coordenador – Tel:		
Responsável pela convocação: Nome do secretário		
Data:		

Figura 3.2: Modelo de convocação de reunião

3.4 Funcionamento da CICE

A CICE deverá reunir-se, ordinariamente, a cada mês, preferentemente logo após o recebimento da conta de energia, de acordo com o calendário preestabelecido, e, extraordinariamente, sempre que convocada por dois de seus integrantes ou pelo coordenador da Comissão.

A proposição de assuntos para as reuniões deverá ser encaminhada pelos integrantes que a constituem ao coordenador da CICE durante o período que antecede a reunião ou conforme estabelecido na reunião anterior.

O secretário deverá convocar os componentes da Comissão para as reuniões, participar delas e encaminhar, logo após a sua realização, a respectiva ata de reunião, cujo modelo é apresentado na figura 3.3.

ATA da REUNIÃO Nº			DATA: / /
Participantes (rubricar): >Coordenador: >Secretário: > >			E-mail > > >
Assuntos tratados:	Resolução		Observações
Ações a realizar:	Responsável	Prazo	Observações:
Assuntos pendentes para próxima reunião:			

Figura 3.3: Modelo de ata de reunião

Seguem algumas sugestões que poderão auxiliar na obtenção de resultados pela CICE:

- Durante os primeiros meses, deve ser dada atenção à coleta de dados para a formação de histórico e estatística, a fim de estabelecer índices de referência.
- Primeiramente, adotar medidas administrativas eficazes, inclusive aquelas que levem a pequenas economias (desligar lâmpadas, monitores, ar-condicionado), as quais, somadas, podem representar significativa redução do consumo de energia elétrica.
- As ações de conservação de energia, no primeiro momento, não exigem recursos financeiros para a obtenção de resultados. São medidas administrativas ou de mudança de hábitos. Por exemplo, o estabelecimento de padrões de eficiência energética para materiais e equipamentos de reposição (lâmpadas e motores de alta eficiência, reatores eletrônicos, etc.).
- Em uma segunda fase, e considerando que, na maioria dos casos, a CICE ao ser implantada, não dispõe de recursos financeiros ou dotação orçamentária, haverá a necessidade de destinação de valores orçamentários para permitir a implantação mais rápida de ações que resultem na melhoria da eficiência energética, com os conseqüentes ganhos econômicos. O coordenador da CICE deve procurar negociar com a Direção para que os recursos financeiros obtidos pela redução de despesas advindas dos resultados positivos sejam alocados em conta/rubrica especial para serem aplicados, sob a gerência da CICE, em ações que necessitam de pequenos investimentos.
- Com o sucesso progressivo das medidas adotadas e as conseqüentes economias obtidas, será possível criar um orçamento próprio para os custeios e os investimentos necessários.
- A CICE poderá propor à Direção a aprovação de recursos para projetos de investimentos maiores que o seu orçamento permite, desde que demonstradas a sua viabilidade e a sua economicidade.
- No caso de escassez de recursos para investimentos ou nas situações em que as taxas sejam elevados, a CICE poderá propor a realização de projetos na modalidade de Contratos de Desempenho, em que os investimentos são realizados por terceiros (ESCO) e serão pagos com a economia obtida com a implementação do projeto.

Para facilitar a operacionalização das ações, um modelo de Cronograma de Atividades é apresentado na Tabela 3.1, que poderá ser adaptado de acordo com o porte da empresa. O arquivo desse cronograma está disponível no CD que acompanha este Guia.

As atividades, freqüência e responsabilidades indicadas são meras sugestões. Cabe à CICE estabelecer (ou adaptar) seu cronograma de atividades com a freqüência e responsabilidades que o porte da empresa comporta. Como ressaltado na Introdução, capítulo 1, as atividades listadas estão relacionadas ao insumo energia elétrica. Empresas em que a CICE atua com outros insumos (combustíveis, água) ou, mesmo, com os resíduos do processo devem adaptar e complementar o cronograma apresentado.

TABELA 3.1: CRONOGRAMA DE ATIVIDADES (continua)

ÍTEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
1	**ADMINISTRATIVAS**							
1.1	Criar CICE	1º mês						Diretoria
1.2	Definir a política do uso eficiente de energia na empresa – nível estratégico.	1º mês						Diretoria
1.3	Estabelecer metas e objetivos (exeqüíveis, mensuráveis e administráveis) - nível tático.	1º mês	X					Dir. e CICE
1.4	Elaborar/revisar plano de trabalho - nível operacional.	2º mês		X				CICE
1.5	Negociar com a Direção da empresa para que os recursos obtidos com a redução de despesas advindas dos resultados positivos sejam alocados em conta especial.	1º mês					X	Pres. CICE
1.6	Elaborar pauta e convocar os membros para as reuniões da Comissão.				X			Sec. CICE
1.7	Realizar reunião da CICE, após o recebimento da conta de energia.				X			CICE
1.8	Preparar e divulgar ata das reuniões.				X			RP CICE
1.9	Elaborar relatório de progresso.		X					Pres. CICE
1.10	Participar de Prêmios de Conservação de Energia		X					DT/RP CICE
1.11	Visitar empresas com processos, usos finais ou programas semelhantes.		X					CICE
1.12	Participar de congressos, seminários de capacitação/atualização em eficiência energética e do setor a que pertence a empresa.						eventual	CICE
2	**COMUNICAÇÃO**							
2.1	Lançar o PGE e a CICE.	1º mês						Diretoria
2.2	Divulgar informações relativas ao uso racional de energia.					X		DT/RP CICE
2.3	Promover campanhas coletivas, como concursos, palestras e caixas de sugestões, para o uso eficiente de energia.		X				sempre	CICE
2.4	Divulgar os resultados alcançados, em função das metas estabelecidas.			X				CICE
2.5	Divulgar os gráficos de acompanhamento do "Consumo Específico", "Custo Específico", "Economia de Energia" e "Economia em Reais".				X			DT /RP CICE
2.6	Implementar identidade visual do programa, por meio de cartazes, cartilhas, adesivos, bótons, mascote, símbolo, grife e memorandos internos.	1 º / 2º mês		X				CICE

TABELA 3.1: CRONOGRAMA DE ATIVIDADES (continua)

ÍTEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
2.7	Implantar manuais/placas de uso eficiente de energia em equipamentos.				X			CICE
2.8	Promover cursos, treinamentos, simpósios, palestras técnicas e/ou motivacionais para empregados e gerentes.				X			CICE
2.9	Realizar atividades socioculturais relacionadas com energia.						quando puder	RP CICE
3	**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**							
3.1	Avaliar, do ponto de vista energético, as instalações e os procedimentos.		X					CICE
3.2	Avaliar e elaborar diagnóstico da situação atual do consumo de energia da empresa.	2º mês	X					CICE
3.2.1	Identificar os usos finais de energia e utilidades da empresa.	2º mês	X					CICE
3.2.2	Levantar o regime de funcionamento por equipamento.	2º mês	X					CICE
3.2.3	Realizar o rateio de energia e da demanda por setores/usos finais.	2º mês	X					CICE
3.2.4	Identificar os equipamentos/processos que mais consomem energia.	2º / 3º mês	X					CICE
3.2.5	Priorizar setores / equipamentos a serem avaliados.	2º / 3º mês	X					CICE
3.3	Solicitar ou verificar a memória de massa (perfil de energia a cada 15 minutos).	2º / 3º mês	X					DT CICE
3.4	Instalar medições setoriais ou criar metodologias de rateio.	2º / 3º mês					quando puder	DT CICE
3.5	Sugerir medidas de eficientização energética.	4º mês					sempre	CICE / Empresa
3.5.1	Verificar impactos na produção, no meio ambiente e na rotina.	4º mês					sempre	CICE
3.5.2	Auxiliar/elaborar avaliações econômicas das medidas propostas.	4º mês					sempre	CICE
3.6	Avalizar a contratação de consultorias e fornecedores de produtos e serviços de eficiência energética.						quando necessário	CICE
3.7	Participar/apoiar licitações de equipamentos que envolvam consumo de energia.						sempre	CICE
3.8	Checar a realização da manutenção periódica nos equipamentos.			X				CICE

TABELA 3.1: CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

(conclusão)

ÍTEM	ATIVIDADE	FREQÜÊNCIA						Responsável
		Única (período)	Anual	Semestral	Mensal	Semanal	Outra	
4	**CONTROLES**							
4.1	Identificar o consumo específico.	1º mês			X			CICE
4.2	Identificar o preço médio.	1º mês			X			CICE
4.3	Identificar o custo específico.	1º mês			X			CICE
4.4	Acompanhar o faturamento de energia elétrica.				X			CICE
4.5	Estabelecer critérios para o acompanhamento da evolução do consumo mensal de energia.	2º mês	X					CICE
4.6	Elaborar os gráficos de acompanhamento do "Consumo Específico", "Custo Específico", "Economia de Energia" e "Economia em Reais".	2º mês			X			CICE
4.7	Estabelecer metas de redução do consumo específico de energia elétrica.	3º mês	X					CICE
4.8	Analisar a melhor modalidade tarifária.	3º mês	X					CICE
4.9	Analisar os motivos das variações.				X			DT CICE
4.10	Gerenciar o fator de potência indutivo e capacitivo.				X			DT CICE
4.11	Gerenciar o fator de carga.				X			DT CICE
4.12	Discutir com os funcionários sobre possíveis alterações de processos de trabalho.						quando necessário	RP CICE
4.13	Gerenciar e monitorar as ações planejadas.				X			CICE
4.14	Controlar a demanda.					X		DT CICE
4.15	Controlar o consumo específico de energia.				X			CICE
4.16	Controlar o custo específico.				X			CICE
4.17	Analisar os resultados, visando à melhoria das eficiências.				X			CICE
4.18	Negociar com a Concessionária.		X				quando necessário	Pres. CICE
	RP - pessoal de comunicação; DT - pessoal técnico.							

Comunicação do Programa

A melhor forma de despertar o interesse e de promover o engajamento dos empregados em relação a uma campanha contínua para evitar o desperdício de energia e participar do PGE é apoiar-se na comunicação das informações de forma sistemática e contínua.

A conservação de energia, a exemplo da segurança no trabalho, é um valor que necessita ser assimilado por todos. Essa assimilação será obtida em médio e longo prazo, mediante a mudança de hábitos. Para isso, os empregados deverão ser conscientizados e motivados.

A divulgação deve ocorrer de forma gradativa, utilizando-se de publicações internas periódicas, fôlderes, intranet, quadros de aviso e outros, com maior ou menor intensidade, dependendo da evolução do PGE. Essas comunicações devem ser aproveitadas para conscientizar o seu público por meio de dicas e recomendações de procedimentos.

O Programa Gestão Energética deve ser exibido como parte da nova política administrativa e estratégica da empresa em relação à utilização de energia. Nesse caso, a comunicação é fundamental para manter acesa a chama do interesse e da mudança de comportamento.

As campanhas internas de mobilização deverão ser desenvolvidas com o objetivo de estimular a participação dos colaboradores nas ações referentes às rotinas de operação e de manutenção.

O programa a ser desenvolvido deverá, sempre que possível, utilizar os recursos de comunicação já existentes na empresa. A comunicação do PGE deve ser vinculada a outras iniciativas semelhantes já em curso pelos meios de comunicação. Por exemplo, a campanha pelo cuidado no uso dos recursos naturais esgotáveis, tais como a água e o petróleo. Relacionar os programas internos aos recursos disponíveis na mídia poderá aumentar a sinergia do processo.

4.1 Campanha de lançamento do PGE

Esta campanha visa conscientizar os empregados sobre a nova política da empresa em relação à uti-

lização da energia, informando-os da importância de participação de cada um e possibilitando o engajamento de todos no programa que se inicia.

O PGE deve ser lançado formalmente e com certa solenidade, para mostrar o comprometimento da Direção e sua importância, podendo ser em conjunto com outras solenidades (SIPAT, Semana do Meio Ambiente, entrega de novos equipamentos, etc).

Seu êxito depende do cuidado com que os seguintes aspectos forem observados:

- A campanha deve mostrar, pelos meios de comunicação, como cartazes, faixas, adesivos, manuais e notícias em jornal interno, a importância do PGE como política da empresa, bem como os valores envolvidos, sua evolução histórica, os impactos ambientais, as metas propostas e outros fatos julgados importantes.
- Listas de recomendações gerais elaboradas visando à redução do consumo e da demanda, tais como desligar máquinas e aparelhos que não estejam sendo usados e apagar luzes de ambientes desocupados, servirão para mostrar os primeiros passos e a determinação em desenvolver o PGE.
- A iniciativa individual, ou de equipes, deve ser valorizada, para que cada funcionário possa contribuir atuando e fazendo sugestões.
- As gerências e a Diretoria devem demonstrar coerência e comprometimento com a filosofia do PGE: o exemplo deve vir de "cima".

Recomenda-se, no primeiro instante, que a campanha seja conduzida pelo pessoal responsável pela comunicação da empresa, para dar um caráter profissional, pois a primeira impressão é muito importante para angariar a simpatia de todos.

4.2 Responsáveis pela comunicação

O apoio de um profissional de comunicação é importante no início dos trabalhos de uma CICE. Caso a empresa possua um setor de comunicação ou, pelo menos, este recurso deve ser utilizado, para dar suporte técnico nos aspectos que envolvam a comunicação.

No caso de não se dispor desse recurso, a contratação de uma consultoria é uma alternativa, desde que haja recursos.

Se não for possível nenhuma das alternativas anteriores, deve-se procurar na empresa pessoa disposta, conhecedora da rotina externa, de bom relacionamento e com facilidade de expressão. O material a seguir servirá para orientação.

4.3 Divulgação

Diversos são os meios de comunicação disponíveis atualmente para se atingir a mente dos usuários de energia. A combinação do uso de cada um deles, numa freqüência adequada, determinará o sucesso da campanha de comunicação e, provavelmente, do PGE. A seguir, são relacionados os principais.

INFORMATIVO/JORNAL

O Informativo, ou Jornal, é um importante veículo de comunicação. Deve ser usado para buscar o engajamento permanente de todos os que têm acesso à empresa: empregados, fornecedores, clientes e visitas.

As facilidades de acesso a softwares editores de texto permitem a edição do jornal por qualquer profissional que domine o software. No entanto, a orientação do profissional de comunicação permitirá maior alcance e sensibilização do leitor.

Cada número do jornal deve mostrar claramente a intenção da CICE em otimizar o consumo de energia elétrica e a demanda, e apresentar as metas, os resultados alcançados e a importância do programa para a empresa e para todos que dela dependem.

Devem-se divulgar as atribuições, os planos e os resultados da CICE, para que todos saibam e ajudem nas tarefas de usar corretamente a energia elétrica (preferencialmente, traduzindo a linguagem técnica numa forma mais simples, buscando um nivelamento dos conhecimentos e melhor entendimento).

É interessante a abordagem das ações abaixo, que deverão ser empreendidas pelos integrantes da CICE.

1 Solicitar no informativo da empresa espaço para a divulgação do PGE e das ações da CICE, regularmente. Caso não o tenha, associe-se com outros grupos de interesse (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, grupos de qualidade total, voluntários sociais) e elabore um.
2 Focar no sucesso do programa e nas funções da CICE. Citar os nomes dos membros (a cada número, citar o nome de um integrante, com seu currículo e suas atribuições).
3 Tornar o informativo mais atraente possível, colocando ilustrações, retratos e frases de efeito. Use de bom humor.
4 Explicar as atividades a serem desenvolvidas. Por exemplo, sobre o levantamento das cargas e a importância desses dados para a priorização e execução dos melhoramentos.

5 Editar um questionário sobre o uso de energia e água. Pedir sugestões e aguardar as respostas (medir o grau de interesse e participação).
6 Realizar pesquisa sobre a necessidade de treinamento na operação de equipamentos elétricos (medir o grau de interesse e participação).

Observação: As respostas ou sugestões recebidas em pesquisas devem ser quantificadas e comparadas com o universo atingido. Esse número irá medir o grau de interesse ou de participação do público alvo. Índices baixos de resposta sinalizam para uma revisão do PGE ou da forma de comunicação.

7 Citar, em todos os números, um ou dois exemplos do que fazer para economizar energia e água. Por exemplo:

Ar-condicionado: Evite o calor do sol no ambiente fechando cortinas e persianas. Não tampe a saída de ar do aparelho. Mantenha limpo o filtro do aparelho para não prejudicar a circulação do ar. Ao usá-lo, mantenha portas e janelas fechadas. Desligue-o sempre que for se ausentar por muito tempo do local onde está instalado.

8 Apresentar conceitos. Por exemplo, a diferença entre racionamento e racionalização.

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	
É	NÃO É
RACIONALIZAÇÃO	RACIONAMENTO
Eliminar desperdícios.	Perda de qualidade de vida, conforto
O máximo de desempenho	e segurança.
com o mínimo de consumo de energia.	Perda de produtividade ou de produção.
Uma atitude moderna, lógica e consciente.	Avareza.

9 Apresentar os resultados e mostrar que a cooperação de todos é importante para alcançar os resultados.

CORREIO ELETRÔNICO

O correio eletrônico (e-mail) local é outro ótimo meio de comunicação. Sua disseminação permite aumentar a freqüência da comunicação, reduzir seu porte (podem ser frases diárias) e atingir várias áreas simultaneamente (filial, fornecedor, cliente, outra unidade da empresa).

Várias formas de comunicação podem ser repassadas por esse meio, que é bastante rápido. Por exemplo:

O ajuste constante da forma de comunicação das notícias e ações da CICE é necessário para atingir um público cada vez maior.

Podem-se criar comunicados personalizados ou exclusivos para gerentes, empregados em geral, fornecedores e contratados, e membros da CICE, com informações específicas para cada público. Nesse caso, é necessário o trabalho em conjunto do pessoal técnico (o que divulgar) com o pessoal de comunicação (como divulgar).

CARTAZES e ADESIVOS

Outra forma de comunicação consiste em providenciar a confecção de cartazes para serem afixados dentro e fora das dependências, buscando a participação efetiva de todos no PGE.

Elaborar, também, adesivos para fixar em tomadas de energia elétrica que possam ser desligadas quando fora de uso, nos interruptores, em equipamentos, etc.

Esse tipo de comunicação tem maior apelo visual e seu conteúdo deve ser uma mensagem que será válida por um tempo maior, de pouco conteúdo (um único assunto) e que necessite ser "vista".

Sugestões de frases para cartazes e adesivos:

"Use energia e água com moderação".

"Não desperdice água e energia. Amanhã poderá faltar para VOCÊ e sua FAMÍLIA".

Conservar é:

- reduzir custos para o país e para você;
- USAR BEM os recursos renováveis e não renováveis, ainda disponíveis;
- diminuir os impactos ambientais;
- NÃO DESPERDIÇAR.

CONCURSOS e PREMIAÇÕES

Com o apoio de patrocinadores (Diretoria, fornecedores, clientes ou comunidade local), é possível despertar o interesse do pessoal com a promoção de concursos e premiações.

Concursos podem ser feitos para:

- *Slogan* da CICE.
- Mascote ou logotipo da CICE e/ou PGE.
- Frase do cartaz do mês.
- Sugestões de melhoria.

Podem-se, ainda, premiar setores ou áreas que obtiveram êxito em programas de combate ao desperdício.

Os prêmios podem ser materiais (eletrodomésticos, alimentos, brindes, jantar, viagens ou dinheiro), simbólicos (medalhas, certificados, reportagem no jornal, publicação na imprensa, placas de reconhecimento) ou benefícios profissionais (treinamento, participação em congresso, licenças de um ou mais dias, promoção).

Abaixo, apresenta-se um exemplo de concurso.

Viaje e ganhe brindes!

Respondendo corretamente às perguntas abaixo, você estará contribuindo com a sua sugestão para acabar com o desperdício de energia e estará concorrendo a brindes e a um final de semana (diárias completas) em xxxxx, que será oferecido no final do concurso (data) para a melhor sugestão de racionalização de energia elétrica, a ser selecionada pela Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE). Os sorteios serão realizados nos dias "datas", premiando x cupons em cada sorteio.

Participe e ajude acabar com o desperdício.

	Certo	Errado
Quem liga a iluminação somente onde não haja iluminação natural suficiente está certo ou errado?	☐	☐
Quem deixa o ar-condicionado ligado com a porta ou janela aberta está certo ou errado?	☐	☐
Quem deixa o monitor do computador ligado quando vai almoçar está certo ou errado?	☐	☐

Dê uma ou mais sugestões para a racionalização de energia elétrica em seu setor ou na empresa.

____

____

____

Nome:____

Local:________________________Telefone:__________________

As respostas estão nos folhetos de dicas.

As questões podem variar em quantidade e dificuldade, bem como a premiação.

Esse é um tipo de comunicação de muito apelo e que é complementado pelos outros meios de comunicação para sua divulgação

FAIXAS e PLACAS

Preservando os aspectos estéticos e de conforto visual, faixas e placas são um meio de visualização rápida e marcam a presença e o trabalho da CICE. Assemelham-se a cartazes.

De fácil confecção, as faixas destinam-se a ressaltar fatos ou resultados marcantes ou de curta duração.

As placas podem servir para o mesmo propósito ou para descrever procedimentos ou instruções de uso. No entanto, são mensagens de caráter permanente.

Algumas sugestões de faixas ou placas:

Reduzimos nosso consumo de energia em x% este mês. Continue colaborando!

O setor XYZ foi o que apresentou maior redução do consumo no ano de 2004. PARABÉNS!

Esta área não desperdiça energia. Colabore você também.

Preserve o ambiente: conserve energia e água.

Para ligar este equipamento, acione a chave XXX, depois de verificar...

As faixas deverão ser afixadas nas principais entradas da empresa e em locais visíveis. Porém, não devem afetar a segurança (distração) e nem provocar poluição visual.

Sempre que algum fato novo acontecer ou um equipamento for instalado, deve-se providenciar uma faixa ou placa informativa.

FOLHETOS ou FÔLDERES

O Procel, as concessionárias e outras instituições costumam disponibilizar folhetos/fôlderes orientativos sobre o uso eficiente da energia, sobre aspectos da legislação do setor energia, fatura ou gestão energética. Procure obtê-los. Se o número for insuficiente, reproduza-os e divulgue para todos da empresa, se não for possível, ao menos para aqueles que necessitam daquela informação.

Assuntos de específico interesse da CICE podem ser transformados em folhetos para serem distribuídos aos empregados ou usuários das informações da CICE. Desde que bem planejados e elaborados (lembre-se do profissional de comunicação), seu formato facilita a leitura e podem ser colecionados.

Sugestão de temas para folhetos:

- Conceitos sobre energia ou sobre a conta de energia (consumo, demanda, fator de carga e de potência, valores registrados, contratados e faturados, horário de ponta e de fora da ponta, kWh, kW, tensão, corrente).
- Dicas sobre usos finais: motores, iluminação, fornos, ar-condicionado.
- Instruções sobre um equipamento específico da empresa.

Esse meio deve ser utilizado para informações duradouras e/ou explicativas. Sugere-se a inserção de figuras, fotos e de exemplos ou casos práticos. Veja modelo da Figura 4.1.

EVENTOS e CAPACITAÇÃO

Reuniões de CIPA, seminários e treinamentos internos, congraçamentos de fim de ano, congressos/seminários, palestras, visitas de acionistas e clientes, Semana de Conservação de Energia e Semana do Meio Ambiente são ocasiões propícias para divulgar as ações da CICE ou para promover a capacitação de seus membros ou do pessoal da empresa.

Treinamentos específicos de fornecedores ou consultores constituem uma forma de transmissão de conhecimentos para os empregados, que posteriormente poderão ser reproduzidos para o restante dos empregados pelos meios já citados ou nos eventos mencionados acima.

Obtendo-se um bom conhecimento das atividades e dos usos finais, e com treinamento adequado para a operação e manutenção correta dos equipamentos, será possível influenciar positivamente na redução do consumo específico de energia elétrica (kWh / Produto) e da demanda (kW).

É necessário que o pessoal adquira um grau de formação e conhecimento adequado à sua função, a começar por aqueles que mais podem influir na economia de energia elétrica por operarem equipamentos de maior consumo. Assim, pode haver necessidade de se ministrar desde cursos de informação básica até cursos de aperfeiçoamento profissional.

A encenação de peças teatrais, com grupos especializados, sobre os temas de combate ao desperdício e benefícios ao meio ambiente para os colaboradores e suas famílias é outra forma de comunicar e motivar para o PGE.

Visitas a outras indústrias e participação em eventos permitem a troca de experiências, a atualização dos conhecimentos e a identificação de oportunidades.

Dicas para evitar o desperdício de energia elétrica.

Dicas gerais	• Sempre que você puder, evite usar um aparelho elétrico no horário de ponta, das 17 às 21 horas • Quando sair em viagem longa, desligue a chave geral da casa • O consumo de alguns eletrodomésticos, como geladeiras, *freezers* e aparelhos de ar-condicionado, é medido todo ano por um centro de pesquisas do governo. Os campeões de economia nas suas respectivas categorias ganham o Selo do Procel de Economia de Energia. Na hora da compra, dê preferência a esses modelos.
Televisão	• Não deixe a TV ligada sem alguém assistindo • Evite dormir com o aparelho ligado. Muitos aparelhos já vêm com função para programar o seu desligamento automático. Aprenda a usá-la.
Chuveiro	• Não tome banhos demorados. Este é um dos aparelhos que consomem mais energia. O ideal é evitar o seu uso nos horários de maior consumo de energia (das 18 às 19h30min) • Mantenha sempre que puder o chuveiro na temperatura verão (a economia é de 30%) • Feche a torneira quando ensaboar • Não reaproveite resistências queimadas. Isso aumenta o consumo e é perigoso.
Ferro elétrico	• Evite ligar o ferro elétrico nos horários em que muitos outros aparelhos estejam ligados. Ele sobrecarrega a energia elétrica • Espere acumular uma quantidade razoável de roupa e passe de uma só vez • Não deixe o ferro elétrico ligado sem necessidade • Siga as instruções de temperatura para cada tipo de tecido • Regule a temperatura, no caso dos ferros automáticos. Passe primeiro as roupas delicadas, que precisam de menos calor. No final, despois de desligar o ferro, aproveite ainda o seu calor para algumas roupas leves.
Iluminação	• Evite acender lâmpadas durante o dia e use mais a iluminação natural • Apague as lâmpadas dos ambientes desocupados • Utilize somente lâmpadas de 127 ou 220 Volts, compatíveis com a tensão da rede da Cemig • Pinte paredes e tetos com cores claras, que refletem melhor a luz, diminuindo a necessidade de iluminação artificial • Dê preferência a lâmpadas fluorescentes compactas ou circulares para a cozinha, área de serviço, garagem e qualquer outro local que fique com as luzes acesas mais de 4 horas por dia. Além de consumir menos energia, elas duram 10 vezes mais.
Refrigerador/*freezer*	• Não deixe a porta aberta além do necessário • Retire de uma só vez os alimentos de que precisa • Não guarde alimentos e líquidos quentes, nem use recipientes sem tampa • Mantenha a borracha de vedação sempre em bom estado • Não deixe a geladeira perto do fogão ou sob a luz do sol • Evite forrar as prateleiras da geladeira com vidros ou plásticos, pois isso dificulta a circulação interna do ar • Não desligue sua geladeira e/ou freezer à noite para ligá-lo na manhã seguinte • Conserve limpas as serpentinas e não utilize a grade traseira para secar roupas • Faça o degelo periodicamente, conforme as instruções do manual • Quando se ausentar de casa por tempo prolongado, esvazie a geladeira e/ou freezer e desligue-os da tomada.
Máquina de lavar roupa	• Economize água e energia elétrica lavando, de uma só vez, a quantidade máxima de roupa indicada pelo fabricante • Use a dose certa de sabão especificada no manual, para evitar repetir operações de enxágüe • Mantenha o filtro sempre limpo.
Ar-condicionado	• Dimensione adequadamente o aparelho para o tamanho do ambiente • Ao usá-lo, mantenha portas e janelas fechadas para evitar a troca de calor • Limpe os filtros periodicamente • Evite instalar o aparelho exposto em local aos raios solares, isso exige maior consumo para resfriar • Desligue-o sempre que se ausentar por muito tempo do local onde está instalado.
Ventiladores e aparelho de som	• Só ligue o ventilador quando estiver no ambiente • Ouça sua música mas, se sair do local, desligue o aparelho.
Boiler (Aquecedor central)	• Compre sempre o que melhor atenda às suas necessidades • Dê preferência aos aquecedores equipados com controle de temperatura • Instale o aquecedor perto dos pontos de consumo e isole adequadamente as canalizações de água quente • Nunca ligue o aquecedor vazio à rede elétrica. Para verificar se está vazio ou não, abra as torneiras de água quente • Evite aquecer a água nos dias de calor mais intenso.

CEMIG
A Melhor Energia do Brasil.

Figura 4.1: Modelo de folheto sobre eficiência energética.

Fonte: CEMIG

CONCLUSÃO

A combinação desses diversos meios de comunicação permite que o conhecimento adquirido e as ações desenvolvidas pela CICE possam alcançar e motivar o maior número de pessoas da empresa.

É importante lembrar a adequação da linguagem ao público alvo, em qualquer dos meios que se utiliza. Quanto mais amplo for o público ou quanto mais variados forem os níveis de conhecimento, mais simples deverá ser a linguagem. Use os meios de comunicação para melhorar o nível de conhecimento de todos os empregados, contratados e fornecedores da empresa, aumentando o nível de conscientização e comprometimento de todos. Acabe com a desculpa: "Eu não sabia".

Um trabalho de comunicação bem desenvolvido, conjugado com bons resultados da CICE, pode levar à inserção na mídia local, regional ou nacional de notícias da empresa sem nenhum custo. Essas inserções devem ser catalogadas e arquivadas, devendo ser convertidas em resultados a serem apresentados à Direção da empresa. O valor que essas inserções representariam se fossem pagas deve ser apresentado como resultado do trabalho da equipe de comunicação da CICE.

4.4 Prêmio de Conservação de Energia

A CICE deve ficar atenta à participação de premiações para trabalhos que envolvam a conservação de energia. O mais conhecido é o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, também conhecido como Prêmio Procel de Combate ao Desperdício de Energia, concedido pelo Ministério de Minas e Energia, com base em diretrizes do Governo Federal, como forma de reconhecimento público ao empenho e aos resultados obtidos pelos diversos agentes que atuam no combate ao desperdício de energia.

O prêmio é concedido anualmente em várias categorias, como Transportes, Setor Energético, Imprensa, *Micro* e Pequenas Empresas, Edificações e Indústria, àqueles que se destacaram pelo uso racional de energia elétrica e pelo combate a seu desperdício.

O objetivo do Prêmio Procel é estimular os diversos segmentos da sociedade a implementar ações que efetivamente reduzam o consumo de energia elétrica. Além de mobilizar esses setores em prol da economia de energia elétrica, o prêmio acaba também funcionando como um atestado de qualidade e eficiência para os vencedores, bem como um motivador para que novas ações sejam empreendidas e que mais empregados queiram participar da CICE ou auxiliá-la. Ele destaca a empresa ganhadora perante seus clientes e projeta nacionalmente os participantes da empresa.

Mais detalhes sobre o prêmio podem ser obtidos no endereço www.eletrobras.com/procel.

Outras instituições (SEBRAE, ONG, Federações e Associações de Classe) também promovem premiações que servem para motivar o desenvolvimento de ações da CICE.

A premiação num concurso é a coroação de uma campanha de comunicação e, principalmente, um reconhecimento do trabalho desenvolvido pela CICE.

5 Análise energética

O gerenciamento energético de qualquer instalação requer o pleno conhecimento dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de utilização da instalação, dos mecanismos de aquisição de energia e da experiência dos usuários e técnicos da edificação.

A implementação de medidas estanques, não coordenadas e não integradas a uma visão global de toda a instalação ou carente de uma avaliação de custo/benefício pode não produzir os resultados esperados e minar a credibilidade do programa, dificultando a continuidade do processo perante a Direção e os ocupantes da planta.

Por isso, o primeiro passo consiste em conhecer como a energia elétrica é consumida na sua instalação e em acompanhar o custo e o consumo de energia elétrica por produto/serviço produzido, mantendo um registro cuidadoso. Os dados mensais e históricos são de grande importância para a execução do diagnóstico, podendo ser extraídos da conta de energia elétrica.

Esses dados poderão fornecer informações preciosas sobre a contratação correta da energia e seu uso adequado, bem como sobre a análise de seu desempenho, subsidiando a tomada de decisões, visando à redução dos custos operacionais.

Para realizar a análise energética, é necessário, antes, conhecer alguns conceitos.

5.1 Conceitos

- **Energia ativa.** É a energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh).
- **Energia reativa.** É a energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não produz trabalho. A unidade de medida usada é o quilovar-hora (kvarh).
- **Energia aparente.** É a energia resultante da soma vetorial das energias ativa e reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece para o Consumidor (kVA).

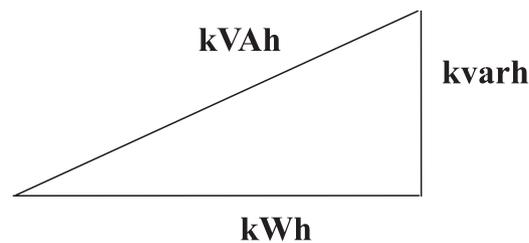



Figura 5.1: Composição da energia aparente

- **Potência.** É a quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW).
- **Demanda.** É a potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos.
- **Demanda contratada.** Demanda a ser obrigatória e continuamente colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato.
- **Carga instalada.** Soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária.
- **Fator de carga.** Relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido.
- **Fator de potência (FP).** Relação entre energia ativa e reativa horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição. Pode ser calculada pela equação:

$$FP = kWh \div kVAh \qquad (5.1)$$

- **Tarifa de demanda.** Valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal.
- **Tarifa de consumo.** Valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal.
- **Tarifa de ultrapassagem.** Tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância.
- **Horário de ponta (HP).** Período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17 h e 22 h, exceção feita a sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, Sexta-

Feira da Paixão, *Corpus Christi*, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. Neste intervalo a energia elétrica é mais cara.

- **Horário fora de ponta (HFP).** São as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos onze feriados indicados acima. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata.
- **Curva de Carga do Sistema.** A curva de carga do sistema elétrico para um dia típico apresenta o perfil mostrado na Figura 5.2. O horário de ponta representa o período do dia em que o sistema demanda mais carga.

Considerando que o sistema elétrico é dimensionado para atender à carga máxima, verifica-se que para atender a uma nova carga no HP a concessionária teria de investir para aumentar a sua capacidade apenas para aquele período, ao passo que para uma nova carga no HFP não seria necessário nenhum investimento.

Por meio da sinalização tarifária (preços mais elevados e mais baixos nos HP e HFP, respectivamente), pretende-se que a curva do sistema torne-se mais plana ao longo do dia.

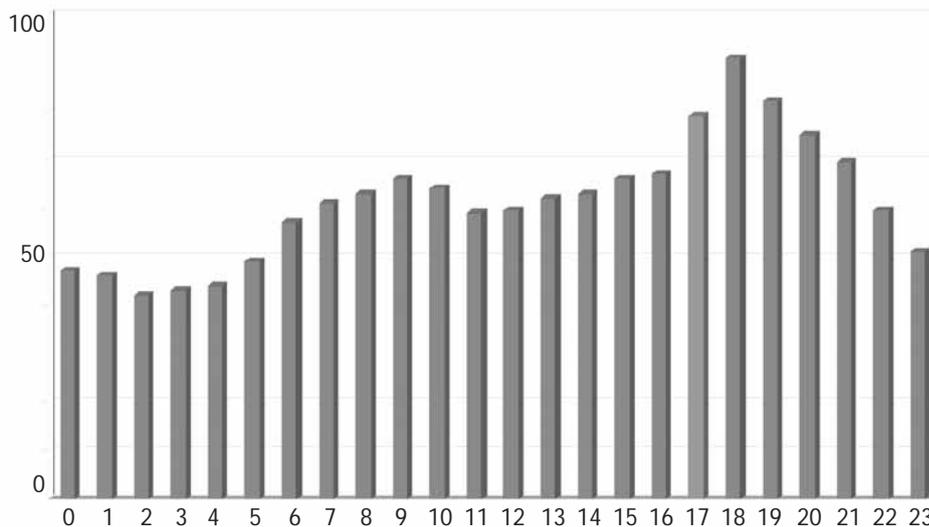



Figura 5.2: Curva de carga de um dia útil

- **Período seco (S).** É o período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro de cada ano.
- **Período úmido (U).** É o período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

- **Segmentos horários e sazonais.** Identificados também como "segmentos horo-sazonais", são formados pela composição dos períodos úmido e seco com os horários de ponta e fora de ponta e determinados conforme abaixo:
  PS - Horário de ponta em período seco
  PU - Horário de ponta em período úmido
  FS - Horário fora de ponta em período seco
  FU - Horário fora de ponta em período úmido

Esses períodos foram criados visando compatibilizar a demanda com a oferta de energia (FIG. 5.3). Isto é, por meio da sinalização tarifária (preços mais elevados e mais baixos nos períodos seco e úmido, respectivamente), mostra-se o custo da energia, conforme a lei de oferta e procura.

- **Tarifação horo-sazonal (THS).** Sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para precificar a energia.

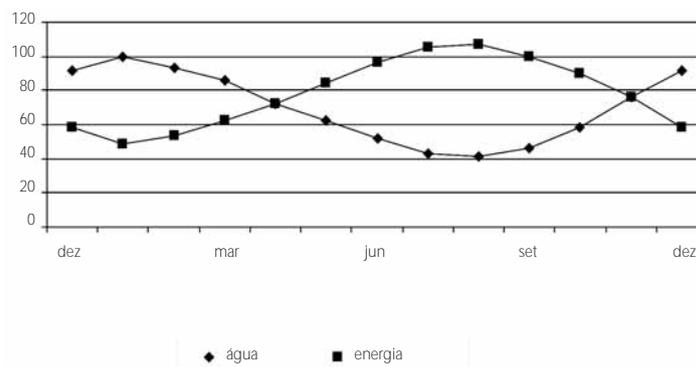



Figura 5.3: Consumo de energia elétrica x volume água nos reservatórios das usinas

DEC - Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora. Trata-se do tempo médio que cada unidade consumidora da região ficou sem energia no período de 1 mês.

DIC - Duração de interrupção individual por unidade consumidora. É o tempo real que cada unidade consumidora ficou sem energia no período de 1 mês.

FEC - Freqüência equivalente de interrupções por unidade consumidora. Trata-se do número de vezes, em média, que cada unidade consumidora ficou sem energia no período de 1 mês.

FIC - Freqüência de interrupção individual por unidade consumidora. É o número de vezes que cada unidade consumidora ficou sem energia no período de 1 mês.

Obs: Na apuração dos indicadores, deverão ser consideradas todas as interrupções que atingirem as unidades consumidoras com duração igual ou superior a 3 (três) minutos, admitidas apenas as seguintes exceções:

- falha nas instalações da unidade consumidora que não provoque interrupção em instalações de terceiros; e
- interrupção decorrente de obras de interesse exclusivo do consumidor e que afete somente a unidade consumidora do mesmo.

Exercícios: Qual é o horário de ponta, de acordo com o contrato com a fornecedora, de sua empresa? Qual é o perfil de consumo diário e anual de sua empresa?

5.2. Como a energia elétrica é medida

Quantificar a energia elétrica é difícil, já que ela é invisível (mas sensível). Vamos tratar a energia elétrica como um produto qualquer e torná-lo o mais visível possível.

Todos os equipamentos elétricos possuem uma potência, que pode estar identificada em watts (W), em horse power (hp) ou em cavalo vapor (cv). Caso a potência esteja identificada em hp ou cv, basta transformar em watts, usando as seguintes conversões:

1 cv = 735 W e 1 hp = 746 W ou 1 kW = 1,36 cv = 1,34 hp.

Exemplos: motor: 20 hp (15 kW); chuveiro: 4.000 W; geladeira: 200 W.

Esses valores indicam a demanda de cada equipamento, ou a energia que utiliza por unidade de tempo, e mostram a capacidade de realizar trabalho.

Suponha a geladeira do exemplo acima funcionando durante 10 horas por dia. O consumo de energia elétrica em 30 dias será: 200 W x 10 h x 30 dias = 60.000 Wh, valor que representa a energia consumida ou o trabalho realizado.

Pode-se verificar que o consumo de energia elétrica é igual à potência em watts (W) vezes o tempo em horas (h), expressa em watthora (Wh). Portanto, depende das potências (em watts) dos equipamentos e do tempo de funcionamento (em horas) desses.

Consumo (Wh) = Potência (W) x Tempo (h) (5.2)

No caso das contas de energia elétrica, como as grandezas envolvidas são elevadas (milhares de Wh), padronizou-se o uso do kWh, que representa 1.000 Wh.

1 kWh = 1.000 Wh

1 MWh = 1.000 kWh = 1.000.000 Wh

Um kWh representa:

- a energia gasta num banho de 15 minutos (0,25h) usando um chuveiro de 4.000 W;
- o consumo de um motor de 20 hp (15 kW) por 4 minutos (0,067h).

Exercícios: Em média, quantos kWh sua empresa consome (total, fora da ponta e na ponta) por mês? E quantos MWh por ano?

5.3. O Custo da energia elétrica

O custo da energia elétrica para o consumidor irá depender de uma série de fatores. Além dos equipamentos e suas condições operacionais, a forma de contratação da energia poderá causar enormes diferenças de preços entre plantas semelhantes.

A reestruturação do setor elétrico implicou o aparecimento de um agente no setor que inexistia até pouco tempo atrás: o consumidor *livre*. Para esclarecer melhor os leitores deste Guia, descreve-se em seu Anexo uma explanação sobre esse novo agente, que hoje se constitui de poucos consumidores, mas com tendência de crescimento nos próximos anos.

Os consumidores cativos são regulados por legislação específica, estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), notadamente a Resolução nº 456, os quais estão sujeitos a tarifas de energia.

O preço a que esses consumidores estão sujeitos dependerá da tensão a que estiverem ligados: se baixa ou alta. Mesmo enquadrados em uma dessas classes de tensão, eles pagarão por sua energia um preço médio, que dependerá de alguns fatores, detalhados a seguir.

No setor elétrico, é considerado consumidor de baixa tensão (BT) aquele que está ligado em tensão inferior a 2.300 V; e de alta tensão aquele ligado em tensão superior a 2.300 V.

Preços para a baixa tensão

Na baixa tensão (BT), o preço médio da energia é igual, acrescido do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), pois só é cobrado o consumo.

Na BT, os clientes estão sujeitos às tarifas do grupo B. Nele existem subgrupos que variam de acordo com as classes:

a) Subgrupo B1 - residencial; residencial baixa renda;
b) Subgrupo B2 – rural; cooperativa de eletrificação rural; irrigação;
c) Subgrupo B3 - demais classes; e
d) Subgrupo B4 - iluminação pública.

O ICMS varia conforme a legislação tributária de cada estado. Por exemplo: em Minas Gerais, a alíquota para a classe residencial é de 30%, e nas demais classes, é de 18%.

Observa-se que, apesar de o produto (energia) ser o mesmo, na BT o preço da energia varia por tipo de classe (residencial, industrial/comércio e rural); por estado, conforme o ICMS; e entre as concessionárias.

Preços para a alta tensão

Na alta tensão (AT), a tarifa aplicada não é monômia, como na baixa tensão (BT), e sim binômia. Ou seja, cobra-se, além do consumo (kWh) registrado, a demanda (kW) contratada ou a medida (a que for maior) mais o ICMS.

Na AT, clientes estão sujeitos às tarifas do grupo A. Nele os subgrupos não dependem das classes, e sim do nível de tensão. São os subgrupos:

- A1 – 230 kV ou mais;
- A2 – 88 kV a 138 kV;
- A3 – 69 kV;
- A3a – 30 kV a 44 kV;
- A4 – 2,3 kV a 25 kV; e
- AS – subterrâneo.

No setor elétrico, diz-se que os consumidores dos subgrupos AS, A4 e A3a estão ligados em média tensão (MT).

No caso do atendimento em AT, o preço médio da energia elétrica não será igual às tarifas. Ele irá variar conforme o fator de carga. São oferecidas neste tipo de atendimento duas modalidades tarifárias: a convencional e a horo-sazonal.

Na modalidade convencional, as tarifas independem dos horários de ponta e fora de ponta, bem como dos períodos seco e úmido.

Na modalidade horo-sazonal, existem dois tipos de tarifa: azul e verde (somente para a MT). As tarifas de demanda são diferenciadas conforme os horários (HP e HFP), no caso da azul, ao passo que as de consumo (energia) são diferenciadas conforme os horários e períodos (PS, PU, FS e FU).

5.3.1 Tarifas

A ANEEL homologa as tarifas de energia por concessionária, após analisar as planilhas de custos apresentada. Assim, as tarifas variam para cada área de concessão. Seus reajustes ocorrem em meses diferentes.

Para cada subgrupo é estabelecido um grupo de tarifas. Os clientes da média tensão estão sujeitos a mais opções de tarifas (azul, verde e convencional). Com o fim de ilustrar os exemplos, a tabela 5.1 apresenta as tarifas de uma concessionária do Brasil para o subgrupo A4 (2,3 a 25 kV).

TABELA 5.1: TARIFAS EXEMPLO

<table>
<tr><th rowspan="2">TARIFA</th><th rowspan="2">PONTA</th><th rowspan="2">FORA DE PONTA</th><th colspan="2">PONTA</th><th colspan="2">FORA DE PONTA</th></tr>
<tr><th>SECO</th><th>ÚMIDO</th><th>SECO</th><th>ÚMIDO</th></tr>
<tr><td>AZUL</td><td>36,21</td><td>11,86</td><td>0,20611</td><td>0,18886</td><td>0,10402</td><td>0,09239</td></tr>
<tr><td>VERDE</td><td colspan="2">11,86</td><td>0,88255</td><td>0,86530</td><td>0,10402</td><td>0,09239</td></tr>
<tr><td>CONVENCIONAL</td><td colspan="2">22,30</td><td colspan="4">0,15992</td></tr>
</table>

Fonte:

Recomenda-se, ou melhor, é dever de toda empresa conhecer as tarifas às quais estão sujeitas. Devem-se conhecer TODAS as tarifas, e não somente aquela à qual a unidade estiver submetida, pois a análise das alternativas tarifárias poderá indicar uma opção melhor. Essas tarifas podem ser obtidas diretamente com a concessionária que o atende ou por meio de pesquisa no site da ANEEL (www.aneel.gov.br), que publica em suas resoluções as tarifas de todas as concessionárias do Brasil.

Tarifas de ultrapassagem

Tarifa aplicável sobre a diferença entre a demanda medida e a contratada quando a primeira exceder em 10% a segunda, no caso da MT, ou 5%, no caso da AT. O valor é três vezes superior ao estabelecido para as tarifas regulares. No exemplo, as tarifas são:

TABELA 5.2: TARIFAS DE ULTRAPASSAGEM DO EXEMPLO

TIPO DE TARIFA	DEMANDA (R$/KW)	
	PONTA	FORA DE PONTA
AZUL	108,63	35,57
VERDE	35,58	
Convencional	66,60	

Exemplo de ultrapassagem de demanda

Consumidor atendido em 13,8 kV (MT) com 1.000 kW de demanda contratada (a tolerância nesse caso é de 100 kW).

DEMANDA MEDIDA	PARCELA COM TARIFA NORMAL	PARCELA COM TARIFA DE ULTRAPASSAGEM
1.080 kW	1.080 kW	-
1.120 kW	1.000 kW	120 kW

Observe que a demanda de ultrapassagem será toda a parcela da demanda medida que superar a contratada em mais de 10%, e não apenas o que exceder a tolerância. Neste exemplo, considerando que a demanda se refere à de fora da ponta, e usando as tarifas das tabelas 5.1 e 5.2, teríamos:

1º exemplo: demanda faturada = 1.080 x 11,86 = R$ 12.808,80

2º exemplo: demanda faturada = 1.000 x 11,86 + 120 x 35,58 = R$ 16.129,60

Uma diferença monetária de 26%, para uma diferença em kW de apenas 4%.

5.3.2 Estrutura tarifária

As regras para o enquadramento tarifário estão apresentadas na tabela 5.3. As orientações para a escolha da melhor opção tarifária serão detalhadas no final deste capítulo.

TABELA 5.3: REGRAS PARA ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO

TIPO DE TARIFA	VALORES A SEREM FATURADOS		
	CONSUMO (KWH)	DEMANDA (KW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
CONVENCIONAL Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300kW. A demanda contratada mínima é de 30kW. Ver observação 1.	Total registrado x Preço único	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preço único Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%.
VERDE Aplicada como opção para consumidores da MT. Ver observação 3.	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preço único Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%.
AZUL Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300 kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 a 299 kW. Ver observação 3.	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preços diferenciados para HFP e HP Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida uperar a contratada s em 10%, na MT e 5%, na AT, nos respectivos horários.

Observações:

1. Se uma unidade consumidora enquadrada na THS apresentar nove registros de demanda medida menor que 300 kW nos últimos onze ciclos de faturamento, poderá optar por retornar para a convencional.

2. Quando a unidade consumidora for classificada como rural ou reconhecida como sazonal, a demanda a ser faturada será:

- **tarifa convencional:** a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos onze ciclos completos de faturamento anteriores;

- **tarifa horo-sazonal:** a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da demanda contratada. A cada doze meses, a partir da data da assinatura do contrato de fornecimento, deverá ser verificada, por segmento horário, a demanda medida não inferior à contratada em pelo menos três ciclos completos de faturamento. Caso contrário, a concessionária poderá cobrar, complementarmente, na fatura referente ao décimo segundo ciclo, as diferenças positivas entre as três maiores demandas contratadas e as respectivas demandas medidas.

3. Se nos últimos onze meses de faturamento apresentar três registros consecutivos ou seis alternados de demandas medidas maiores ou iguais a 300 kW, o cliente será enquadrado compulsoriamente na tarifa horo-sazonal azul, mas poderá fazer opção pela verde.

Em algumas áreas de concessão já se estuda, para a baixa tensão, a aplicação de tarifas diferenciadas conforme o horário de utilização, denominada "tarifa amarela". Por enquanto, está em fase de testes ou de homologação, mas sua implantação dependerá da troca dos medidores atuais, que não têm capacidade de registrar e armazenar consumos por períodos diferenciados (ponta, fora de ponta, madrugada). Considerando que a baixa tensão responde por boa parte da ponta do sistema e que os investimentos para expansão do sistema são realizados para atender a essa demanda, verifica-se que estruturas tarifárias baseadas em tarifas diferenciadas por horário de uso são mais justas e educativas, no sentido de apontar custos mais reais para cada horário ou período.

5.3.3 Fator de carga (FC)

O fator de carga, em linhas gerais, constitui-se em um indicador que informa como a empresa utiliza a energia elétrica que lhe é disponibilizada pela concessionária.

O fator de carga é um índice cujo valor varia entre 0 e 1. Aponta a relação entre o consumo de energia elétrica e a demanda de potência máxima em determinado espaço de tempo.

Esse tempo pode ser convencionado em 730 horas por mês, que representa o número médio de horas em um mês genérico do ano [(365 dias/12 meses) x 24 horas]. Na prática, o número de horas dependerá do intervalo de leitura.

Pode ser expresso pela seguinte equação:

$$FC_{médio} = \frac{\text{Consumo Total (kWh)}}{\text{Demanda (kW)} \times 730 \text{ (h)}} \qquad (5.3)$$

No caso de consumidores enquadrados no sistema tarifário horo-sazonal, modalidade azul, o fator de carga é definido por segmento horo-sazonal (ponta e fora de ponta), conforme as seguintes expressões:

$$FC_{HP} = \frac{\text{Consumo no HP (kWh)}}{\text{Demanda do HP(kW) x NHP}} \qquad (5.4)$$

O número de horas de ponta (NHP) irá depender do número de dias úteis no período de medição.

$$NHP = \text{Nº de dias úteis x 3} \qquad (5.5)$$

$$FC_{HFP} = \frac{\text{Consumo no HFP (kWh)}}{\text{Demanda no HFP(kW) x NHFP}} \qquad (5.6)$$

O número de horas fora de ponta (NHFP) irá depender do período de medição e das horas de ponta.

$$NHFP = (\text{Nº de dias de medição x 24}) - NHP \qquad (5.7)$$

A melhoria (aumento) do fator de carga, além de diminuir o preço médio pago pela energia elétrica consumida, conduz a um melhor aproveitamento da instalação elétrica, inclusive de motores e equipamentos, e a uma otimização dos investimentos nas instalações.

Algumas medidas sugeridas para aumentar o fator de carga:

- programe o uso dos equipamentos;
- diminua, sempre que possível, os períodos ociosos de cada equipamento e opere-os de forma não simultânea;
- não acione simultaneamente motores que iniciem operação com carga;
- verifique as condições técnicas de suas instalações e dê a seus equipamentos manutenção periódica; e

Evite os seguintes desperdícios de energia elétrica:

- equipamentos funcionando simultaneamente quando poderiam operar em horários distintos;
- equipamentos funcionando sem produzir em determinados períodos;
- falta de programação para a utilização de energia elétrica; e
- curtos-circuitos e fugas de energia elétrica.

Caminhos para aumentar o fator de carga

Analise seus equipamentos, faça o levantamento de utilização e verifique como a produção pode ser otimizada.

Depois disso, existem dois caminhos para elevar o fator de carga:

a) Manter o atual consumo de energia elétrica e reduzir a parcela correspondente à demanda. Isso se consegue diversificando o funcionamento das máquinas e realizando cronogramas de modulação.

Por exemplo, uma empresa conseguiu reduzir a demanda medida de 500 kW para 300 kW após uma reprogramação de cargas, mantendo o consumo de 120.000 kWh. Seu fator de carga, que era

$$FC_{médio} = \frac{120.000\ (kWh)}{500\ (kW) \times 730\ (h)} = 0{,}33$$

passou para:

$$FC_{médio} = \frac{120.000\ (kWh)}{300\ (kW) \times 730\ (h)} = 0{,}55$$

Note que dessa forma ela poderá reduzir sua demanda contratada em 200 kW, ou R$2.372,00/mês, usando a tarifa verde (ver Tabela 5.1).

b) Manter a demanda e aumentar o consumo de energia elétrica. Para tanto, deve-se aumentar a produção, sem o acréscimo de novos equipamentos, mas ampliando o período de operação. É o caso de se adicionar mais um turno de trabalho.

No exemplo, se a empresa mencionada tivesse optado por esse caminho, conservaria a demanda registrada de 500 kW, mas aumentaria o consumo de 120.000 kWh para 200.000 kWh e conseguiria o seguinte:

$$FC_{médio} = \frac{200.000\ (kWh)}{500\ (kW) \times 730\ (h)} = 0{,}55$$

Escolha um desses dois caminhos ou, se possível, os dois. Eleve o fator de carga, que, conseqüentemente, reduzirá o preço médio pago pela energia elétrica. Evidentemente, a produção deve acompanhar o crescimento de consumo.

Resumindo, o fator de carga representa a relação entre a energia utilizada pela empresa e a energia que a concessionária poderia ter fornecido no mesmo período. Em termos percentuais, indica a percentagem que a empresa utilizou da carga que sua distribuidora disponibilizou.

5.3.4 Preço Médio (PM)

Como já foi mencionado, o preço médio (PM) no fornecimento de energia em alta e em média tensão (R$/kWh) é diferente da tarifa (que representa o preço médio no caso de consumidores da baixa tensão). Apesar de todos os consumidores de uma mesma modalidade tarifária estarem sujeitos às mesmas tarifas, podem ter preços médios diferentes, devido ao fator de carga.

$$PM = \frac{\text{Fatura (R\$)}}{\text{Consumo Total (kWh)}} \quad (5.8)$$

$$FC = \frac{\text{Consumo Total (kWh)}}{\text{Demanda (kW)} \times \text{Tempo (h)}} \quad (5.9)$$

$$PM = \frac{\text{Fatura (R\$)}}{\text{Demanda (kW)} \times \text{Tempo (h)} \times F} \quad (5.10)$$

Observa-se que o preço médio é inversamente proporcional ao fator de carga. Quanto maior for o FC, menor será o PM, e vice-versa.

A tabela 5.4 apresenta os preços médios (R$/kWh) em relação a diversos fatores de carga, modalidades tarifárias e horários (HP e HFP), usando as tarifas do período seco, exemplificadas anteriormente (TAB. 5.1).

TABELA 5.4: PREÇO MÉDIO – R$ / KWH – PERÍODO SECO

FC	HORÁRIO DE PONTA (SEM ICMS)			HORÁRIO FORA DE PONTA (SEM ICMS)		
	AZUL	VERDE	CONVENC.	AZUL	VERDE	CONVENC.
0,10	5,692	0,883	0,465	0,283	0,283	0,465
0,30	2,035	0,883	0,262	0,164	0,164	0,262
0,50	1,303	0,883	0,221	0,140	0,140	0,221
0,60	1,121	0,883	0,211	0,134	0,134	0,211
0,70	0,990	0,883	0,204	0,130	0,130	0,204
0,80	0,892	0,883	0,198	0,126	0,126	0,198
0,90	0,816	0,883	0,194	0,124	0,124	0,194
1,00	0,755	0,883	0,190	0,122	0,122	0,190

No CD que acompanha este Guia encontra-se o arquivo "fator de carga". A tabela compara os preços conforme o fator de carga. Recomenda-se que cada usuário substitua as tarifas usadas como exemplo pelas tarifas de sua concessionária fornecedora.

Pode-se observar que:

- na tarifa azul e na verde a energia elétrica é bem mais cara no horário de ponta;
- conforme o FC, o preço varia na tarifa azul de ponta e em todas as tarifas de fora de ponta;
- na tarifa convencional, para o mesmo fator de carga, o valor é o mesmo, independente do horário (ponta ou fora de ponta);
- para aqueles consumidores sujeitos apenas às tarifas verde e azul (MT acima de 300 kW de demanda), verifica-se que, a partir de um determinado valor de FC no HP, a opção pela tarifa azul é mais vantajosa (nesse caso, FC > 0,81), visto que o custo fora da ponta é o mesmo;
- para consumidores da AT, sujeitos apenas à tarifa azul, as alternativas para reduzir o preço médio consiste em melhorar o fator de carga ou, se possível, tornar-se consumidor livre, desde que negocie a compra de energia em condições mais vantajosas que as tarifas praticadas em sua área.

Na baixa tensão, para a indústria e o comércio, o preço é de R$ 0,31133 / kWh, utilizando as tarifas do exemplo, para qualquer horário.

Então, um banho utilizando um chuveiro de 4.000 W durante quinze minutos, que consumirá 1 kWh, custará numa indústria em BT R$ 0,31 mais ICMS, ao passo que na MT pode variar de R$ 0,12 a R$ 5,69. Dependerá da modalidade tarifária, do fator de carga e do horário no qual ele ocorreu.

Exercício: Em qual subgrupo tarifário está sua empresa? Quais são as tarifas praticadas? Qual é o preço médio de energia (total, fora da ponta e na ponta)? Qual é o FC na ponta?

5.4 A conta de energia elétrica

A conta de energia elétrica é um importante documento para o gerenciamento energético. Por isso, é necessário conhecê-la e interpretá-la.

As contas de energia e suas descrições podem ser obtidas na concessionária que o atende ou em seus sites. No exemplo da Figura 5.4 é apresentada uma fatura da CEMIG (www.cemig.com.br). Trata-se de uma conta de um cliente enquadrado na modalidade tarifária azul (A4), na qual aparecem diversos campos.

Todos os campos receberam uma numeração, e estes estão descritos logo a seguir, para facilitar a identificação.

1 (Leitura Anterior) e 2 (Leitura Atual). Por meio dos dados desses itens, define-se o intervalo de leitura, isto é, o número de dias e o período. Deve ser desprezado o dia da leitura anterior e considerado

o dia da leitura atual. Nesse caso, foram 30 dias, e o período foi: 02/08 a 01/09. Verifique que, apesar de a conta ser de set/2004, o período refere-se ao consumo do mês de ago/2004.

3 (Classificação). O primeiro dígito da classificação possibilita identificar em qual modalidade tarifária está sendo faturado (no exemplo da conta, está na azul)

0 – Convencional
1 – Azul
2 – Verde

Logo abaixo da classificação, também é indicada a modalidade tarifária para facilitar a identificação.

4 Os dois últimos dígitos da classificação – no exemplo, o número 54 – significam que o consumidor está sendo atendido em 13,8 kV (ou 23,1 kV) e será faturado com tarifas do subgrupo A4. Se acaso fosse o número 55, indicaria que o consumidor estaria sendo atendido pelo sistema subterrâneo (0,22 kV) e seria faturado pelas tarifas do subgrupo AS.

5 (Período do Ano): Indica o período do ano:

CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais

CNPJ 17.155.730/0001-64 Insc. Estadual 062.002160.0057
Av. Barbacena, 1200-CEP 30190-131-Belo Horizonte-MG-Brasil

NOTA FISCAL
CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA
Série B5 Nº XXXXXXXXXXXXX
PTA/nº.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX/XX-XX-XX-XXXX-X

ENDEREÇO DE APRESENTAÇÃO DA NF/CONTA	MUNICÍPIO	CEP
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX-XXX

ENDEREÇO DA UNIDADE CONSUMIDORA	MUNICÍPIO	CEP
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		

C.N.P.J.	INSC. ESTADUAL
XX.XXX.XXX./XXXXX-XX	XXX.XXXXXX.XXXX

PROX. LEITURA PREVISTA	MÊS/ANO	IDENTIFICADOR
01/10	SET/2004	XXXXXXXX

LEIT. ANTERIOR	LEIT. ATUAL	EMISSÃO	APRESENTAÇÃO
02/08	01/09	02/09/2004	02/09/2004

CLASSIFICAÇÃO	RAMO DE ATIVIDADE
12-01-3-54	Industrial
MODALIDADE TARIFÁRIA	**PERÍODO DO ANO**
THS Azul	Seco

Contrato de Fornecimento XX-XXXX/XX-XX/XX/XX   Termo Aditivo:

DADOS DE MEDIÇÃO

Grandezas	Consumo em kWh			Demanda em kW			Energia Reativa - UFER/kVArh			Demanda Máx.Corr.Registrada (DMCR)		
Segmentos	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno	HFP/Único	HP	Noturno
Leitura Anterior	9070	881		18,03	17,66		237	31		18,44	18,17	
Leitura Atual	9863	961		19,36	18,96		241	32		19,79	19,48	
Registrado	277.550	28.000		466	455		1.400	350		473	459	
Acréscimo/Dedução												
Estimado												
Contratado				400	400							
Ultrapassagem				66	55							

MEDIDOR kW-kWh/kVArh	Cf. kW	Cf. kWh/UFER/DMCR	Cf. kVArh	F.POT	F.C. HFP	F.C. HP	R.T.P.	R.T.C.	% PERDAS
GMH012001783	350	350	0	0,00	0,911	0,932	70	25	0,00

VALORES DE FATURAMENTO

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA C/ICMS R$	VALORES EM R$	ALÍQUOTA ICMS
Demanda HFP	400 kW	13,439026 /kW	5.375,56	18%
Demanda HP	400 kW	41,756101 /kW	16.702,44	18%
Ultrapassagem HFP	66 kW	40,305001 /kW	2.660,13	18%
Ultrapassagem HP	55 kW	125,256182/kW	6.889,09	18%
Demanda reativa HFP	7 kVAr	13,440001 /kVAr	94,08	18%
Demanda reativa HP	4 kVAr	41,757501 /kVAr	167,03	18%
Consumo HFP	277.550 kWh	137,525000/1000 kWh	38.169,90	18%
Consumo HP	28.000 kWh	270,964000/1000 kWh	7.586,98	18%
Energia reativa HFP	1.400 kVArh	137,522000/1000 kVArh	192,53	18%
Energia reativa HP	350 kVArh	270,943000/1000 kVArh	94,83	18%
IMPORTE TOTAL			**77.932,57**	
Encargo Capacidade Emerg.(HFP+HP)	305.550 kWh	0,010366 / kWh	3.167,28	18%

Base Cálculo - ICMS	Valor - ICMS em R$	VENCIMENTO	VALOR A PAGAR EM R$
81.099,85	14.597,97	10/09/2004	81.099,85

INFORMAÇÕES AO CONSUMIDOR

Qualidade do Fornecimento de Energia em , Região de Distribuição de , JUL/2004.
Nesta Unidade Consumidora especifica, os valores apurados de DIC e FIC
foram: 0,00 e 0 respectivamente, sendo os limites destes índices individuais de 0,00 (DIC) e 0 (FIC).
Os valores máximos permitidos para uma Interrupção Contínua nesta Unidade Consumidora é 9 horas de DMIC.
O consumidor tem o direito de solicitar à concessionária a apuração do DMIC a qualquer momento.
FALE COM A CEMIG - 0800-310-196

Informações sobre as Condições Gerais de Fornecimento, Tarifas e Tributos encontram-se à disposição, para consulta, em nossos escritórios.
O Valor desta Nota Fiscal está sujeito às penalidades legais vigentes, após o vencimento.
O cheque devolvido torna sem valor a quitação desta conta.
O pagamento desta NF/Conta não quita débitos anteriores.

ICMS Incluído no preço da tarifa, conforme legislação vigente.

Tensão Contratada de Atendimento 13800 / 7967 volts
Tensão Mínima da Faixa Adequada 12834 / 7410 volts
Tensão Máxima da Faixa Adequada 14490 / 8366 volts

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 0800 727 2010

AUTENTICAÇÃO MECÂNICA

357301

CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais

Número da Conta	Número p/Baixa	Mês / Ano	Vencimento	Valor a Pagar em R$
XXXXX/XX-XX-XXXX-X	XXXXXXX XX XX	SET/2004	10/09/2004	81.099,85

Autenticação Mecânica

Figura 5.4: Exemplo de fatura / conta de energia.

Fonte: CEMIG

Período Seco (S) - É o período correspondente a sete meses consecutivos, de maio a novembro, de um ano. Neste período, o preço da energia elétrica, a exemplo do HP, é também maior que no período úmido, porque é quando ocorre o menor volume de águas nos reservatórios das usinas (poucas chuvas).

Período Úmido (U) - É o período correspondente a cinco meses consecutivos, de dezembro a abril, do ano seguinte.

6 e 7 (Consumo em kWh). Indicam o total de energia elétrica (kWh) consumida nos HFP e HP, respectivamente. São os resultados das diferenças de leituras (atual - anterior) vezes a constante de faturamento (19) acrescida da perda de transformação (26).

Ex.: (9863-9070) x 350 = 277.550 - Consumo registrado no HFP

Observação. Para identificar o consumo específico, basta dividir esses valores pelo número de dias trabalhados ou pela produção no período de faturamento. Tem-se o kWh/dia trabalhado ou kWh/ unidade de produção no HFP e HP.

8 e 9 (Demanda em kW). Indicam os valores de demanda registrados (kW) nos HFP e HP, respectivamente. São os resultados das diferenças de leituras (atual - anterior) vezes a constante de faturamento (18) acrescida da perda de transformação (26).

Ex.: (19,36 - 18,03) x 350 = 466 kW - Demanda registrada fora de ponta

10 e 11 (Demanda contratada em kW). Indicam valores de demanda (kW) contratados no HFP e HP, respectivamente. O item 11 é igual a zero ou não existe nas modalidades verde ou convencional.

12 e 13 (Demanda de ultrapassagem em kW). Indicam os valores de demanda (kW) que ultrapassaram os limites preestabelecidos das demandas contratadas nos HFP e HP, respectivamente. O item 13 não aparece quando for faturado na convencional ou verde. No exemplo, o item 12 apareceu porque a demanda registrada (466 kW) ultrapassou o limite de tolerância (10%) da contratada (400 kW + 10% = 440 kW).

14 e 15 (Energia reativa – UFER/kvarh). (UFER –Unidade de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência). Referem-se à energia elétrica reativa no HFP e HP, respectivamente. Esses valores aparecem quando o fator de potência horário for menor que 0,92 (ver item **fator de potência**, no capítulo **7**). São os resultados das diferenças de leituras (atual - anterior) vezes a constante de faturamento (19) acrescida da perda de transformação (26). Quando a unidade consumidora estiver enquadrada na convencional, os valores se referem ao kvarh, os quais serão usados para o cálculo do fator de potência.

Ex.: (241-237) x 350 = 1.400 kvarh - Energia elétrica reativa no HFP

16 e 17 (Demanda Máxima Corrigida Registrada). Indicam os valores de demanda máxima corrigida registrada (DMCR) nos HFP e HP, respectivamente. São os resultados das diferenças de leituras (atual-anterior) vezes a constante de medição (19), acrescida da perda de transformação (26). É utilizada para o cálculo da demanda reativa excedente.

Ex.: (19,79 - 18,44) x 350 = 473 = demanda máxima corrigida registrada fora da ponta.

18 (Constante de faturamento). É a constante de faturamento utilizada para o cálculo das demandas registradas nos respectivos horários.

19 (Constante de faturamento). É a constante de faturamento utilizada para o cálculo dos consumos registrados das energias reativas e das demandas máximas corrigidas nos respectivos horários.

20 (Constante de faturamento). É a constante de faturamento utilizada para o cálculo da energia elétrica reativa (kvarh) quando a unidade consumidora for faturada na modalidade convencional.

21 (Fator de Potência). Indica o fator de potência quando a unidade consumidora for faturada na modalidade convencional. Esse valor não deve ser menor que 0,92. Caso isso ocorra, sua fatura será onerada com o pagamento de reativos excedentes.

22 e 23 (Fator de carga). Indicam os fatores de carga nos HFP e HP, respectivamente.

24 (Relação de transformação de potência): Indica a relação de transformação de potencial.

25 (Relação de transformação de corrente). Indica a corrente primária, que, dividida pela corrente secundária, resulta na relação de transformação de corrente (neste exemplo, a corrente secundária é de 5 A)

26 (Percentual de perdas): Quando a medição é realizada na média tensão, este valor é 0 (como neste exemplo). Caso seja realizada na baixa tensão, seria 2,5. Considera-se que o transformador possui uma perda de transformação de 2,5% de todas as grandezas envolvidas. Neste caso, para o cálculo de 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16 e 17, os resultados (diferenças das leituras: atual menos anterior, vezes as respectivas constantes de faturamentos) deveriam ser multiplicados por 1,025.

27 e 28 (Valores de demanda faturados). Indicam valores de demanda (kW), que deverão ser faturados nos HFP e HP, respectivamente. Estes valores obedecem às regras apresentadas no item **Tarifas** (ver **5.3.1**). No exemplo apresentado, serão faturadas a contratada no HFP (10) (400 kW) e a contratada no HP (11) (400 kW).

29 (Valor de demanda de ultrapassagem faturado). Como ocorreu ultrapassagem no HFP e no HP, serão faturados com tarifa de ultrapassagem os valores totais que ultrapassarem a demanda contratada (466 - 400 = 66 kW) no HFP. Observe que não é apenas o valor acima da tolerância de 10% (466 - 440 = 28 kW) e (455-400 = 55 kW) HP.

30 (Valor de demanda de reativo excedente faturado). Indica o valor de demanda de reativos excedentes no HFP que será faturado. Este valor aparece quando o fator de potência horário for menor que 0,92. Os valores são obtidos da diferença das demandas máximas corrigidas registradas e das demandas faturáveis (maior valor entre a demanda registrada e a contratada) nos respectivos horários. Ex.: HFP: 473 - 466 = 7 kvar.

A ANEEL exige e as concessionárias informam em campo específico sobre a qualidade da energia fornecida para cada unidade. No exemplo, localiza-se na parte inferior da conta, no campo de informações ao consumidor. A qualidade é medida em termos dos índices DEC, FEC, DIC e FIC (ver **5.1**).

Para o controle da empresa, interessam os índices DIC e FIC. Os responsáveis pelo gerenciamento energético devem obter com as concessionárias os valores máximos permitidos, confrontá-los com aqueles observados realmente na empresa e, sempre que possível, negociar as melhorias necessárias para a redução desses índices.

A conta de energia da BT é consideravelmente mais simples. Apenas o consumo total e a respectiva tarifa são apresentados. Esses valores, mais o período de leitura, são os dados que a CICE deve acompanhar mensalmente.

É importante conhecer o estabelecido na Resolução ANEEL 456, de 29 de novembro de 2000, que estabelece de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica a serem observadas tanto pelas concessionárias e permissionárias quanto pelos consumidores. Uma versão atualizada até maio de 2004 dessa resolução consta no CD que acompanha este Guia.

Exercício: Levante nas doze últimas faturas de sua empresa:

- as multas por baixo fator de potência e por ultrapassagem da demanda;
- o percentual médio que representa o custo da ponta no custo total da fatura (some os valores de consumo e demanda de ponta e divida pelo total do importe);
- quantas vezes a demanda faturada foi igual à contratada;
- qual o fator de carga médio na ponta e fora de ponta.

5.5 Consumo específico

O consumo específico é um índice que indica o total de energia consumida para o processamento completo de determinado produto ou para a prestação de um serviço. É um dos parâmetros de maior importância em estudos que envolvem o uso racional de energia nas empresas.

Consumo específico = consumo de energia ÷ produção (serviço) (5.11)

A importância da identificação do consumo específico, ou dos consumos específicos, prende-se ao fato de tratar-se de um índice que facilita a comparação com outras unidades ou empresas que permite a apuração das economias e resultados.

A busca por um menor consumo específico, por meio da implementação de ações voltadas para o uso racional de energia, deve ser uma preocupação permanente da CICE.

Para explicar a necessidade da identificação do consumo específico, pode-se usar a analogia com o consumo de combustível por um veículo. Quando deseja controlar o consumo de combustível do seu carro, o proprietário não deve verificar o consumo total de litros por mês, mas sim quantos km/l (quilômetros por litro) o veículo está desenvolvendo.

Muitas variáveis influenciam no consumo: quantos quilômetros foram percorridos na estrada e dentro da cidade, se o ar-condicionado foi ou não utilizado, quantos passageiros o carro transportou, etc. É importante que o proprietário esteja atento a todas essas variações.

De maneira análoga deve ser feito o acompanhamento do consumo de energia elétrica (kWh).

Muitas variáveis influenciam no consumo de energia elétrica: o intervalo de leituras do medidor de energia elétrica pode variar, o clima, férias, novos equipamentos que são ligados, paradas programadas ou não, variação de produção, etc.

Da mesma maneira que não faz sentido acompanhar o consumo de combustível de um veículo simplesmente pelos litros que ele consumiu também não faz sentido acompanhar o consumo de energia elétrica (kWh) pelo consumo mensal registrado (informado em sua fatura). O correto será identificar o consumo de energia elétrica para o processamento completo de um determinado produto ou para a prestação de um serviço.

O consumo específico da maioria das unidades consumidoras do setor comercial / serviços é obtido dividindo-se o consumo total (kWh) pelo número de dias realmente trabalhados no intervalo de leitura (kWh / dias trabalhados). Nesse caso, ele serve para demonstrar quanta energia elétrica é realmente utilizada para proporcionar um dia de trabalho da instalação. Alguns segmentos desse setor (comercial) possuem outros tipos de consumo específicos. Por exemplo, hotéis: kWh / diárias ou kWh / número de hóspedes (este dependerá da taxa de ocupação); hospitais: kWh / número de leitos ocupados.

No setor industrial, geralmente, o consumo específico é medido pela relação entre o consumo e o que está sendo produzido.

Por exemplo, uma indústria consumiu 10.000 kWh para produzir 8 toneladas de um produto A e 3 toneladas de um produto B. O importante é descobrir quanto de energia elétrica foi utilizado para produzir A e B. Supondo que, após realizado o rateio de energia elétrica, chegou-se a 70% da energia elétrica utilizada para produzir A, então:

- o consumo específico de A é igual a 7.000 kWh / 8t = 875 kWh/ t; e
- o consumo específico de B é igual a 3.000 kWh / 3t = 1.000 kWh/ t.

Com o exemplo anterior, conclui-se que uma empresa pode ter mais de um consumo específico. Algumas vezes, ou num primeiro momento, pode-se calcular um único consumo específico. No exemplo, ele seria 10.000 kWh / 11 t ou 909 kWh / t.

A identificação do consumo específico vai depender de bom senso. O importante é descobrir o que realmente faz alterar o consumo de energia elétrica. Existem consumos que independem da produção ou do serviço (iluminação). Se possível, devem ser criados mais de um consumo específico: um global e outros específicos, por setor ou (sub)produto. É função da CICE realizar tal tarefa.

Acompanhar simplesmente a variação do consumo (kWh) mensal não é suficiente, pois, após implementar medidas de economia de energia elétrica, o consumo pode aumentar, devido a um aumento de produção. Veja os exemplos.

Antes de adotar as medidas de eficiência energética, uma empresa consumia 1.000 kWh para produzir 100 peças. Então, o consumo específico era = 1.000 kWh / 100 = 10 kWh/ pç

Ex.1: Após adotar as medidas de eficiência energética, a empresa passou a consumir 2.100 kWh, porém aumentou a produção para 300 peças. Então, o consumo específico passou para: 2.100 kWh / 300 = 7 kWh/pç

Ex.2: Após adotar as medidas de eficiência energética, a empresa passou a consumir 700 kWh, continuando a produzir 100 peças. Então, o consumo específico passou para: 700 kWh/100 = 7 kWh/pç

Ao contrário do que possa parecer, a implantação do PGE não implica, necessariamente, a redução de consumo de energia elétrica (kWh), e sim a redução do consumo específico.

Exercício: Identifique pelo menos duas unidades de produção ou serviço de sua empresa para serem usadas no cálculo e no acompanhamento do consumo específico. Levante seus valores verificados nos últimos doze meses e veja se é possível separar a produção pelo horário de ponta e de fora de ponta. Se não, rateie em função das horas trabalhadas.

5.6 Custo específico

O outro índice que deverá ser identificado e gerenciado é o custo específico, que é o produto do preço médio da energia elétrica (R$/kWh) da empresa pelo consumo específico (kWh/produto ou serviço produzido) ou simplesmente, o custo da energia por unidade ou serviço produzido.

Custo específico = consumo específico x preço médio (5.12)

ou

Custo específico = fatura de energia ÷ produção (serviço) (5.13)

Utilizando o exemplo em que o consumo específico anterior e após a implantação de algumas medidas de eficentização energética era de 10 kWh/pç e 7 kWh/pç, respectivamente, e considerando um preço médio de R$ 0,22/kWh, obtém-se a redução do custo específico:

10 kWh/pç x R$ 0,22/kWh = R$ 2,20/pç

7 kWh/pç x R$ 0,22/kWh = R$ 1,54/pç

Note-se que o preço médio pode ser alterado após a implantação das medidas. Nesse caso, foi mantido constante. Se houver alterações, deve-se usar o novo valor.

Para consumidores atendidos em baixa tensão, a única maneira de reduzir o custo específico consiste em atuar no consumo específico, pois, como já foi visto, o preço médio é a própria tarifa acrescida do ICMS.

Para consumidores atendidos em alta tensão existem duas possibilidades para reduzir o custo específico, atuar na redução do consumo específico ou atuar no preço médio.

A redução do consumo específico será detalhada no próximo item. Para reduzir o preço médio, existem três caminhos:

- Contratar demandas adequadas às reais necessidades da instalação. A instalação de um controlador de demanda permite às empresas realizar um melhor gerenciamento, bem como evitar ultrapassagens. Cabe à CICE zelar para que a demanda faturada seja igual à medida ou à registrada, evitando contratar demandas superiores às realmente demandadas, conseqüentemente, pagando por uma demanda não utilizada.
- Transferir o máximo de carga possível para o horário fora de ponta. Por exemplo, deslocar ou programar, sempre que possível, o funcionamento das cargas para o horário fora de ponta. Quando planejar alguma interrupção, executá-la no horário de ponta.
- Enquadrar-se na melhor modalidade tarifária possível. Dependendo do fator de carga e do funcionamento da instalação, a opção por uma das três modalidades existentes poderá possibilitar um menor preço médio. A tarifa azul é a que possibilita o menor preço, mas é necessário um alto fator de carga (maior que 0,8) no horário de ponta.

Exercício: Calcule o custo específico de sua empresa. Se possível, separe-o, considerando os preços de ponta e os preços fora de ponta. Qual é a melhor modalidade tarifária para sua empresa? Baseado no preço final do produto ou serviço, qual é a participação da energia elétrica no custo de seu produto ou serviço?

5.7 Como reduzir o consumo específico de energia elétrica

Esta é a questão fundamental. A princípio, a sua resposta parece complexa, mas, na verdade, é muito simples. Considerando que **consumo específico = consumo de energia ÷ produção** e sabendo que a produção é determinada pela demanda de mercado ou por estratégias empresariais, basta atuar apenas no numerador dessa relação: o consumo de energia.

Como já foi visto, o consumo de energia elétrica é igual à potência multiplicada pelo tempo (Wh). Portanto, existem apenas duas opções: diminuir a potência ou diminuir o tempo de funcionamento.

Para diminuir a potência, devem-se usar equipamentos ou processos mais eficientes e elaborar estudo visando reduzir a simultaneidade da operação das diversas cargas que compõem a instalação (modulação).

Para diminuir o tempo de funcionamento, deve-se atuar na mudança de hábitos/processos. Uma alternativa é utilizar o recurso da automação.

As medidas de eficientização dos principais usos finais serão detalhadas no capítulo sobre o uso de energia. Nele poderá ser verificado que cada medida se encaixa nestas duas opções: tempo e potência.

Exercício: Identifique em sua empresa duas medidas de redução de potência e duas medidas de redução de tempo de funcionamento sem reduzir a produção.

5.8 A economia em kWh

Os resultados esperados de um PGE, basicamente, são verificados a partir de apenas duas constatações: a redução em kWh; e a redução em reais (R$).

A redução do consumo de energia elétrica em kWh é obtida mediante a diferença do consumo específico antes e após a implementação das medidas, multiplicada pela produção atual. Isto é:

$$\text{Redução em kWh} = (\text{Cons. Espec.}_{\text{antes}} - \text{Cons. Espec.}_{\text{depois}}) \times \text{Produção}_{\text{depois}} \quad (5.14)$$

Nos exemplos utilizados no item sobre consumo específico, as economias foram:

$(\text{Cons. Espec.}_{\text{antes}} - \text{Cons. Espec.}_{\text{depois}})$ = 10 kWh/ pç – 7 kWh/ pç = 3 kWh/pç
3 kWh/ pç x 300 pç (produção exemplo 1)= 900 kWh (43% de redução)
3 kWh/ pç x 100 pç (produção exemplo 2)= 300 kWh (43% de redução)

Deve-se atentar para o aumento de carga (kW). É natural que ocorram acréscimos de cargas. A CICE deve sempre tomar conhecimento dessa tendência, realizar o levantamento do consumo dessas novas cargas e calcular o aumento ou redução do consumo específico que elas possam provocar. Esse consumo específico estimado deve ser acrescido ou reduzido ao do consumo específico anterior às medidas. Caso isso não seja feito, os resultados poderão ser prejudicados.

Tomando o exemplo 1 anterior, considere-se que, após as medidas, entrou em operação uma carga responsável por um consumo mensal de 100 kWh, elevando o consumo para 2.200 kWh. O consumo específico de 7 kWh/pç passaria para 7,33 kWh/pç (2.200 kWh/300 pç). A redução do consumo passaria de 900 kWh para:

(10 kWh/ pç – 7,33 kWh/ pç) x 300 pç (produção exemplo 1)= 800 kWh

Para minimizar este efeito, o certo seria acrescer ao consumo específico anterior o consumo específico desta nova carga 0,33 kWh/pç. Então, o consumo específico anterior passaria para 10,33 e a economia permaneceria a mesma.

Assim, antes de realizar ações de eficiência energética, é preciso estabelecer as condições iniciais de referência: cargas, produção e produtos envolvidos, tempos de uso e outras condições que possam afetar o consumo específico, como condições climáticas, operadores diferentes e qualidade da matéria-prima e do produto.

Exercício: Quantos kWh mensais representariam uma economia de 10% do atual consumo específico de sua empresa?

5.9 A economia em R$

A redução do consumo de energia elétrica em reais (R$) é obtida pela diferença do custo específico antes e após a implementação das medidas, multiplicada pela produção atual ou, simplesmente, a economia total em kWh multiplicada pelo preço médio, se estes permaneceram constantes. Isto é:

$$\text{Redução em R\\$} = (\text{Custo Espec.}_{\text{antes}} - \text{Custo Espec.}_{\text{depois}}) \times \text{Produção}_{\text{depois}} \quad (5.15)$$

ou

$$\text{Redução em R\\$} = \text{redução em kWh} \times \text{preço médio} \quad (5.16)$$

Obs.: Se os preços médios forem os mesmos antes e depois.

Nos exemplos utilizados em **5.6** a redução do custo específico seria de: 2,20 – 1,54 = 0,66 R$/pç. A economia seria de:

Ex. 1 - redução em R$ = 0,66 R$/pç x 300 pç = 900 kWh x 0,22 R$/kWh = R$ 198,00
Ex. 2 - redução em R$ = 0,66 R$/pç x 100 pç = 300 kWh x 0,22 R$/kWh = R$ 66,00

O preço médio manteve-se constante no exemplo, mas ele pode ter seu valor reduzido, devido a ações de eficientização. Nesse caso, apenas a fórmula 5.15 é válida.

Da mesma forma que a entrada em operação de novas cargas prejudica os resultados se não forem consideradas, o mesmo acontece quando os reajustes tarifários não são considerados. Então, sempre que ocorrer um reajuste tarifário, os preços médios anteriores à implementação das medidas deverão ser recalculados utilizando as tarifas reajustadas.

Para ser mais preciso, seria necessário identificar na redução obtida o quanto se refere ao horário de fora da ponta e na ponta (consumo e demanda). Os valores obtidos seriam multiplicados pelas respectivas tarifas.

Exercício: Quantos R$ mensais representariam uma economia de 10% do atual consumo específico de sua empresa? Compare essa economia com o lucro dela e calcule quanto ele representa.

5.10 Análise de viabilidade econômica

A conservação de energia elétrica proporciona ao consumidor, principalmente aquele ligado à atividade industrial / comercial, uma redução substancial do custo com este insumo. Essa redução, em diversas ações, exige do empresário novos investimentos. De outro lado, sendo escassos os recursos existentes para investimentos, o processo de tomada de decisão constitui-se numa das questões de maior relevância e deve consistir na avaliação de caminhos alternativos, tendo em vista a escolha de opções mais interessantes do ponto de vista econômico.

Antes de optar pela implementação de uma medida de conservação de energia elétrica, deverá ser realizado o estudo da viabilidade econômica. A maneira mais simples de verificar se uma medida de eficientização proposta é economicamente viável consiste em calcular o tempo de retorno simplificado (*payback* simples). Em caso de dúvidas, recomenda-se efetivar cálculos mais elaborados, que envolverão outros conceitos.

Conceitos básicos

- **Taxa de juros** – Taxa percentual que representa a remuneração necessária ao capital envolvido em empréstimo, crédito ou financiamento.

- **Correção monetária** – Atualização do valor do dinheiro no tempo, utilizando-se de indexadores que refletem a evolução dos preços, conforme a metodologia aplicada pelas respectivas instituições responsáveis pelos cálculos.

- **Investimento –** De modo genérico, é definido como o gasto em moeda para a compra de bens de capital, na expectativa de obter rendimentos satisfatórios, durante determinado período de tempo.

- **Taxa mínima de atratividade –** É aquela que representa a rentabilidade mínima aceitável de um investimento. É utilizada como base para sua aceitação ou rejeição quando comparada com a taxa de rentabilidade do investimento.

- **Métodos para comparação entre alternativas de investimento –** A escassez de recursos disponíveis para investimento impossibilita o aproveitamento de todas as oportunidades existentes para a aplicação de capital. Deste modo, o problema central do empresário é: "Decidir-se por uma entre as

várias alternativas de investimento disponíveis a fim de obter a maximização dos lucros a longo prazo".

O processo utilizado para a solução desse problema consiste na avaliação, mediante métodos específicos, dos caminhos alternativos, com a finalidade de escolher-se a opção de investimento mais atraente, ou seja, aquela que proporciona maior rentabilidade durante sua vida útil, aliada ao grau de risco e incerteza.

Muitos são os métodos usados para a avaliação de alternativas de investimento, desde os mais simples (*pay-back*) até aqueles que envolvem sofisticados modelos matemáticos, não obstante obedecerem, todos eles, a um mesmo princípio: a equivalência dos fluxos de caixa, utilizando uma taxa de desconto denominada de "*taxa mínima de atratividade*".

Nesse conjunto de instrumentos decisórios, dois métodos se destacam, e são de uso corrente na engenharia econômica: método do valor presente líquido e método da taxa interna de retorno. Mesmo sendo reconhecidos por todos aqueles que se dedicam ao estudo da engenharia econômica como os instrumentos mais corretos para a avaliação de alternativas de investimento são, na maioria das vezes, marginalizados em detrimento de processos mais simples de análise, que nem sempre permitem conclusões corretas sob o aspecto econômico.

Dentre esses métodos, destaca-se o do *pay-back*, também denominado "*método do tempo de retorno do investimento*". Sua inclusão neste trabalho deve-se, sobretudo, à difusão do seu uso no meio empresarial, a sua simplicidade de cálculo e a sua facilidade de utilização e entendimento.

- **Método do Tempo de Retorno do Investimento –** É definido como o número de períodos de tempo necessários para se recuperar o capital investido, ou seja, o espaço de tempo suficiente para que o somatório dos recebimentos se iguale ao investimento inicial ou aos desembolsos. Pode ser simples ou descontado, em função da consideração do valor do dinheiro no tempo ou não, bem como o risco. Indica para o empreendedor quanto tempo levará para retornar o capital investido. A figura 5.5 mostra o tempo em que os recebimentos se igualarão aos desembolsos.

- **Método do valor presente líquido –** Conhecido também como "*método do valor atual*", consiste em se determinar o valor presente líquido, no instante considerado inicial, de todas as variações de caixa (recebimento - R e/ou desembolsos - D) descontados a uma taxa mínima de atratividade (na figura 5.5, R - D).

$$VPL = \Sigma\, VPLR - \Sigma\, VPLD = R - D \qquad (5.17)$$

Por conseguinte, um valor presente líquido positivo (na figura, R > D) significa que a alternativa de investimento é economicamente interessante à taxa mínima de atratividade considerada, tornando-se tanto mais atrativa quanto maior for o seu valor presente líquido.

De outro lado, um valor presente líquido negativo revela que a alternativa de investimento é economicamente inviável à taxa mínima de atratividade considerada, não permitindo sequer a recuperação do capital empregado, uma vez que o somatório dos valores presentes dos recebimentos é menor que o somatório dos valores presentes dos desembolsos, resultando em um valor presente líquido menor que zero (R < D).

Finalmente, o valor presente líquido nulo significa que o retorno proporcionado pela alternativa de investimento à taxa mínima de atratividade considerada é igual ao capital investido, sendo, portanto, indiferente do ponto de vista econômico realizar-se ou não o investimento (R = D).

Do exposto, conclui-se que:

a) o método do valor presente líquido só permite comparar alternativas de investimento que têm a mesma taxa mínima de atratividade;

b) quando se comparam, por este método, mais de uma alternativa de investimento, aquela de maior valor presente líquido deve ser sempre a preferida sob o ponto de vista econômico.

- **Método da taxa interna de retorno** (TIR) – Consiste em determinar a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido de uma alternativa de investimento. Na figura 5.5, representa a taxa que, utilizada para descontar os fluxos ao longo tempo, resulte em R = D.

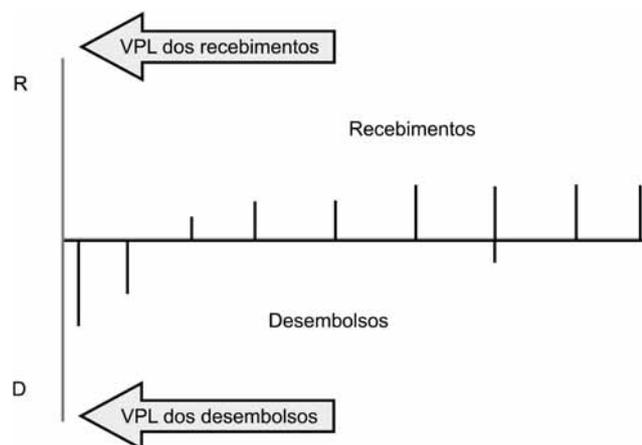



Figura 5.5: Fluxo de caixa e VPL

Vejamos um exemplo usando os conceitos acima.

O diagnóstico energético efetuado numa indústria encontrou entre os vários equipamentos cuja substituição proporcionaria economia de energia em um motor para bomba hidráulica que apresentava as seguintes características: potência nominal: 75 cv; tensão de operação: 380 V; corrente média no motor: 37 A; e tempo de utilização por mês: 345 h.

Após a análise das condições de funcionamento desse motor, chegou-se à conclusão que sua potência ativa era de 19.500 W; a potência útil, de 21,5 cv; e que o mesmo operava com 30% de sua carga nominal.

Esses fatos levaram os responsáveis pelo diagnóstico energético a sugerirem a essa indústria a substituição desse motor por outro de 25 cv de potência nominal, que, nessas condições, operará com 86% de sua carga nominal e uma potência ativa de 16,5 kW, permitindo, portanto, uma redução na demanda faturada da ordem de 3 kW e uma economia de energia de 1.350 kWh/ mês.

Analisando as sugestões dos consultores, os técnicos dessa indústria propuseram duas opções para serem avaliadas pelo departamento econômico da empresa:

a) compra de um motor novo, no valor R$ 15.000,00, com vida útil de 6 anos e valor salvado de R$ 3.000,00;

b) compra de um motor recondicionado, de uma empresa local, sob a supervisão técnica do fabricante, no valor de R$ 10.000,00, com vida útil de 6 anos e sem valor residual.

Resumo

ITEM	OPÇÃO “a”	OPÇÃO “b”
Investimento	R$ 15.000,00	R$ 10.000,00
Economia	R$ 3.240,00	R$ 3.240,00
Valor da revenda do motor antigo	R$ 5.000,00	R$ 5.000,00
Valor salvado / revenda	R$ 3.000,00	-
Vida útil – anos	6	6
Taxa mínima atratividade	14%	14%

Obs.: A economia corresponde à redução no custo com energia proveniente da redução do consumo de energia da ordem de 1.350 kWh/mês, calculada ao preço médio de 0,20 R$/kWh. Para simplificar, foi considerado o mesmo rendimento dos novos motores.

Comparação das alternativas

- Fluxo de caixa da opção “a” –

PERÍODO	ENTRADAS	SAÍDAS
0	5.000	15.000
1	3.240	
2	3.240	
3	3.240	
4	3.240	
5	3.240	
6	6.240	

Valor presente líquido da opção “a”

$VPL = \Sigma VPL_{entradas} - \Sigma VPL_{saídas}$

$VPL = E_0$ + economias x FVAS(14%, 6) + revenda x FVA(14%,6) $- S_0$

Sendo:

E_0 = entrada inicial

FVAS(i,n) – fator de valor atual de uma série – coeficiente que traz para o valor presente a serie de desembolsos ou recebimentos uniformes.

$$FVAS(i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$ sendo: i = taxa e n = período. (5.18)

FVA(i,n)– fator de valor atual – coeficiente que traz para o valor presente um desembolso ou recebimento futuro.

$$FVA(i,n) = 1 / (1+i)^n$$ (5.19)

S_0 = saída inicial

Logo,

VPL = 5.000 + 3.240 x FVAS(14%,6) + 3.000 x FVA(14%,6) -15.000

VPL = 3.240 x 3,889 + 3.000 x 0,456 -10.000

VPL = 12.600 + 1.367 -10.000

VPL = R$ 3.967,00

- Fluxo de caixa da opção “b” -

PERÍODO	ENTRADAS	SAÍDAS
0	5.000	10.000
1	3.240	
2	3.240	
3	3.240	
4	3.240	
5	3.240	
6	3.240	

Valor presente líquido da opção “b”

VPL = 5.000 + 3.240 x FVAS(14%, 6) -10.000

VPL = 3.240 x 3,889 - 5.000

VPL = 12.600 - 5.000

VPL = R$ 7.600,00

Conclusão:

A opção “b” deve ser escolhida, por apresentar maior valor presente líquido que a opção “a”.

Se fosse usada uma taxa de atratividade de 26,4% na análise, o VPL da opção “a” seria igual a 0 (zero). Isto é, a taxa interna de retorno dessa opção é igual a 26,4%. Na opção “b”, a TIR é de 61,1%.

O exemplo usou o método do valor presente. Segue um roteiro simplificado, usando a metodologia do tempo de retorno, que é a mais simples para se usar numa análise inicial.

Primeiro passo: identificar a economia de energia elétrica mensal da medida proposta (kW e kWh). Depois, basta multiplicá-la pelos preços médios, e tem-se a economia mensal (R$).

Segundo passo: encontrar a economia em R$ – diferença das potências, multiplicada pelo tempo de utilização e, depois pelo preço médio, de ponta e fora de ponta.

[kW (antes) – kW (depois)] x tempo de funcionamento no mês x R$/kWh = economia em R$

Terceiro passo: somar todas as economias, para obter o total mensal economizado.

Quarto passo: encontrar o tempo de retorno do investimento. Basta dividir o investimento pela economia mensal em R$:

Inv./Econ. R$ = tempo amortização em meses

Quando se comparam duas alternativas, o investimento é a diferença de custos das duas alternativas e a economia é a diferença entre as economias que cada alternativa proporciona. Logicamente, este tempo deverá ser sempre menor que a vida útil do equipamento, para ser viável.

Quinto passo: encontrar a economia total em kWh e em R$.

- **Economia total em kWh e R$:** multiplicar a diferença de potência pela vida útil do equipamento em horas e, depois, pelo preço médio.

  [kW (1) – kW (2)] x tempo vida útil = economia total em kWh

  Economia total em kWh x R$/kWh = economia total em R$

Para facilitar o entendimento, seguem alguns exemplos:

Exemplo 1:

Considere a escolha de um motor de 20 cv de alto rendimento, em vez do standard, 4 pólos, 220 V. Seus rendimentos nominais são η_{AR} = 92,4% e η_S = 89,8%. Supondo que o preço médio pago pelo kWh é de R$ 0,18/kWh e que este motor funcionará 15 horas por dia, todos os dias do mês (15 x 30 = 450 h por mês)

- **Encontre a economia (kWh e R$)**

Economia (kW) = 20 x 0,735 x (1/0,898 – 1/0,924) = 0,46 kW

Economia (kWh) = 0,46 kW x 450 h = 207,3 kWh/mês

A economia mensal em reais será 207,3 kWh x R$ 0,18/kWh = R$ 37,31

- **Encontre o tempo de amortização do investimento**

Considerando os preços standard = R$1.019,00 e o alto rendimento = R$1.416,00, o investimento adicional será R$ 397,00.

O tempo de retorno será R$ 397,00 / R$ 37,31 = 11 meses.

Economia total em kWh e R$

Supondo que esse motor dure 10 anos, então ele irá funcionar 54.000 h. A economia nesse período será:

Economia total (kWh) = 0,46 kW x 54.000 h = 24.840 kWh

Economia total (R$) = 24.840 kWh x R$ 0,18 = R$ 4.471,20

Exemplo 2:

Considere a escolha de duas lâmpadas de 32 W com reator eletrônico em vez de duas lâmpadas de 40 W com reator eletromagnético, para 12 horas de funcionamento diário, durante 20 dias e um preço médio de R$ 0,18, sendo dados os seguintes preços (R$):

CONJUNTO	LÂMPADAS	REATOR	TOTAL
2X40 W (20)	6,00	13,00	19,00
2X32 W (2)	12,00	25,00	37,00

(Valores entre parênteses representam as perdas no reator).

Economia em W: 100 W – 66 W = 34 W

Diferença entre investimentos: R$ 37,00 – R$ 19,00 = R$ 18,00

Encontre a economia em R$

A economia mensal será 34 W x 12 h x 20 dias = 8.160 Wh = 8,16 kWh

A economia mensal em reais será 8,16 kWh x R$ 0,18/kWh = R$ 1,47

Encontre o tempo de retorno do investimento

R$ 18,00 / R$ 1,47 = 12,2 meses

Caso a empresa já possua as lâmpadas de 40 W e os reatores eletromagnéticos em funcionamento e resolvesse trocá-los assim mesmo, o investimento seria de R$ 37,00 mais o custo da instalação, de R$ 7,00, resultando no investimento total de R$ 44,00.

O tempo de retorno iria para: R$ 44,00 / R$ 1,47 = 30 meses.

A primeira substituição, nesse caso, seria pouco vantajosa, mas as próximas trocas de lâmpadas iriam compensar. Para reduzir o tempo de retorno, pode-se considerar um valor residual para as lâmpadas e reatores retirados, diminuindo, dessa forma, o valor do investimento.

- **Economia total em kWh e R$**

Essas lâmpadas possuem uma vida útil de 8.000 horas:

Economia total (kWh) = 34 W x 8.000 h = 272 kWh

Economia total (R$) = 272 kWh x R$ 0,18 = R$ 48,96

Nos cálculos, não são considerados os efeitos da inflação e do aumento tarifário, o qual aumenta o benefício e reduz o tempo de retorno.

Exercício: Das medidas identificadas no exercício do item **5.7**, quantifique as economias e o investimento necessário. Então, calcule o tempo de retorno.

5.11 Orientações para realizar o rateio de energia elétrica

Para que o gerenciamento da energia elétrica possa ser feito de forma adequada, é necessário que a CICE conheça o uso de energia da edificação de forma detalhada e setorial. Para isso, é necessário realizar o levantamento das cargas da instalação e seu regime de funcionamento. De posse desses dados, deve-se proceder ao rateio de energia elétrica na edificação. Um recurso valioso consiste em criar centros de custos.

Os centros de custos podem ser setores (administrativo, etapas do processo, oficinas, utilidades, etc.), usos finais (iluminação, refrigeração, etc) ou os dois (criar centros de custo que sejam etapas dos processos, sem considerar a carga da iluminação e climatização, considerando estas como outros centros de custo).

O rateio tem por objetivo identificar o consumo de energia elétrica e a demanda relativos a estes centros; isto é, conhecer a contribuição de cada área na conta de energia ou estabelecer contas de energia por centro de custo.

O rateio de energia elétrica visa identificar o centro de custo (setor ou uso final) que possui uma participação percentual maior no consumo e na demanda da instalação, possibilitando a priorização de onde atuar, de tal forma que as ações tragam melhores resultados, o envolvimento de todos os usuários dos centros e a busca de uma gestão mais efetiva e participativa.

A metodologia explicada a seguir pressupõe que a empresa não possui medições setoriais, pois nesse caso o rateio é realizado automaticamente pelos medidores.

Para facilitar a setorização ou a criação dos centros de custo, desenha-se um fluxograma da produção, ou dos processos da empresa e identificam-se os setores de produção (equipamentos ou operações onde o produto da empresa é processado), de apoio (caldeiras, ar comprimido, refrigeração, ETA – estação de tratamento de água, ETE – estação de tratamento de efluentes/esgoto, oficinas, laboratórios, etc.) e administrativos (escritórios, recepção, cantinas, vestiários, posto bancário, etc). Um exemplo de fluxograma é apresentado na Figura 5.6.

Primeiro, é preciso fazer um levantamento de todas cargas por centro de custo utilizando a Tabela 5.6, que serve para a AT e MT. No CD que acompanha este Guia consta o arquivo "rateio", com a tabela apresentada e outra semelhante para a BT.

Seguem as instruções para o preenchimento da tabela.

- Para cada centro de custo, levantar as cargas, especificando-as na primeira coluna, de forma que outros que tiverem acesso a essa tabela possam identificá-la.
- Caso tenham o mesmo regime de funcionamento e potência, as cargas poderão ser agrupadas. Informar o número delas na coluna "quantidade".
- Informar a unidade de potência da carga que está utilizando (cv, hp, W) no topo da terceira coluna, em potência instalada. Informar a potência das cargas nessa coluna.

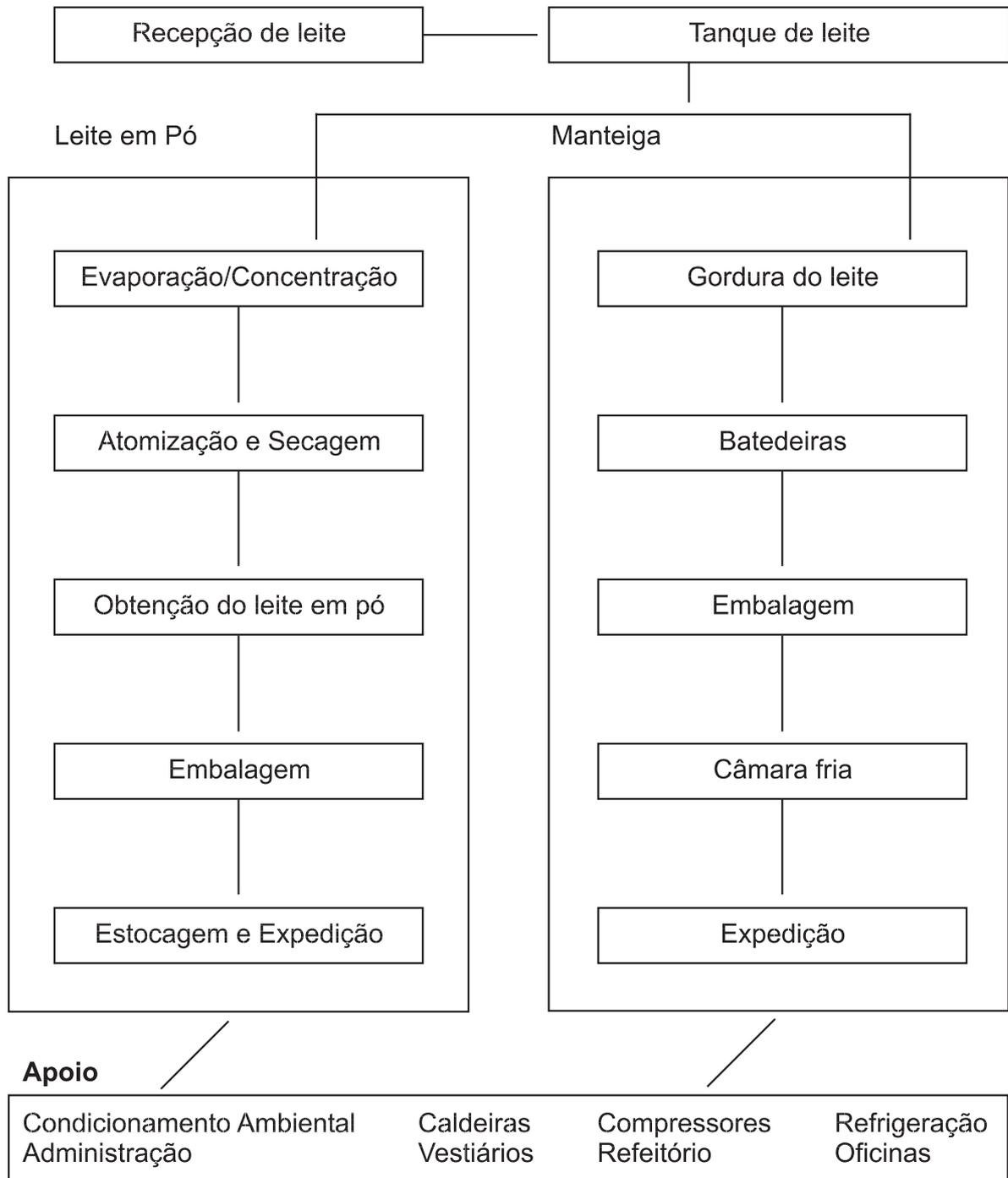



Figura 5.6: Exemplo de fluxograma de produção

TABELA 5.5: LEVANTAMENTO DE CARGAS E REGIME DE FUNCIONAMENTO

CONSUMIDORES DE ALTA TENSÃO (> 2,3 KV)																															
Empresa:				Centro de Custo:																								Data :			
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Regime de Funcionamento																		Ponta						Horas /mês		Consumo (kWh/mês)	
Nome	Quant.	HFP - kW	HP - kW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	HFP	HP	HFP	HP
Total																															

- Converter a potência para kW e informar, nas colunas adequadas, a potência utilizada no horário fora de ponta (HFP) e no de ponta (HP).

De	para kW, multiplique por
cv	0,735
hp	0,746
W	0,001

- Indicar o horário de funcionamento da carga na coluna referente ao horário da 1 às 24 horas e preencher com a potência somente os horários em que a carga estiver ligada.
- Identificar o horário de ponta.
- Calcular e informar o número de horas de funcionamento das cargas no mês para o horário de fora de ponta e de ponta.
- Calcular o consumo potencial de energia e multiplicar a potência da carga pelo número de horas de funcionamento para o período de fora de ponta e de ponta, respectivamente.
- Agregar as cargas e consumos por centro de custo.

Preenchida a Tabela 5.5, deve-se utilizar a tabela 5.6 para fazer o rateio. Será necessário ter em mão a conta de energia do mês para anotar os dados verificados de consumo e demanda registrados ou medidos de ponta e fora de ponta. Essas tabelas, incluindo as de BT, encontram-se no arquivo “rateio”, do CD que acompanha este Guia.

A seguir, indicam-se as instruções para o preenchimento da tabela 5.6.

- Repassar os dados agregados por centro de custo para a tabela rateio (da 1ª a 5ª coluna).
- Abaixo da tabela, calcular os fatores de utilização dos equipamentos/centros de custo, de consumo e demanda, ponta e fora de ponta. Basta dividir os valores registrados/medidos de cada um desses parâmetros (obtidos da conta do mês) pelo somatório dos respectivos valores calculados/estimados (linha total – da 2ª à 5ª coluna).
- Multiplicar os índices calculados pelos respectivos parâmetros de cada centro de custo e informar nas colunas adequadas. O somatório deverá ser igual aos valores verificados na conta de energia.
- Usar as colunas de percentual para verificar a participação de cada centro e parâmetro no custo total daquele parâmetro.

Para as empresas que possuam medições em alguns setores, deve-se trabalhar com os valores medidos, expurgando esses centros de custo do rateio, o que será feito usando os índices de utilização. Deve-se retirar seus consumos medidos do consumo total.

TABELA 5.6: RATEIO PARA CONSUMIDORES DA ALTA TENSÃO

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR CENTRO DE CUSTO												
EMPRESA					DATA							
Centro de Custo	Potência Instalada - kW		Consumo (kWh/mês)		Consumo Real (kWh/mês)				Demanda Utilizada (kW)			
	HFP	HP	HFP	HP	HFP	%	HP	%	HFP	%	HP	%
Total												

	consumo	demanda	
Fator de condição de carga HFP			(Este fator retrata o índice de utilização médio dos equipamentos da empresa
Fator de condição de carga HP			referente ao consumo e à demanda.)

Para todos os centros de custo, ou setores, foi utilizado o mesmo índice de utilização, para um melhor refinamento. Caso os responsáveis conheçam ou possuam o fator por setor ou por carga, esse deverá ser utilizado em substituição ao estimado, somente para aquela carga.

De posse dos dados obtidos e das tarifas de energia da concessionária ou dos custos médios (R$/kW e R$/kWh) verificados da fatura de energia, pode-se realizar o rateio da conta de energia por centro de custo.

Esse rateio permitirá acompanhar e gerar valores de referência, incluir dados de produção para verificar consumos e preços específicos, priorizar setores a serem trabalhados e estudar a relocação de cargas ou de regime de funcionamento. Enfim, será um instrumento muito útil para a CICE na gestão da energia da empresa.

Exercício:

1 Desenhe um fluxograma da produção ou dos usos finais da empresa e identifique o setor de produção, o de apoio e o administrativo.
2 Levante as cargas de sua empresa, conforme modelo apresentado.
3 Realize o rateio conforme metodologia proposta.
4 Identifique os principais setores, em termos de energia elétrica.
5 Procure realizar o mesmo procedimento para outros insumos, por exemplo: água, combustíveis, vapor, etc.

5.12 Orientações para gerenciar a demanda

A análise da demanda tem por objetivo fazer a sua adequação às reais necessidades da unidade consumidora e promover a redução de custos. Devem ser analisadas as demandas de potência contratada, as medidas (ou registradas) e as efetivamente faturadas.

A demanda é medida em intervalos de quinze minutos. O medidor integraliza as potências instantâneas, registrando a potência média de cada intervalo, e registra a potência média ocorrida em todos os intervalos durante o período de faturamento. A maior dessas potências registradas no período de leitura será a demanda medida, expressa em quilowatts (kW).

As concessionárias disponibilizam um relatório em que é possível verificar todos os registros de demanda em cada intervalo, por um preço tabelado. Caso a indústria não possua um controlador de demanda, é interessante solicitar este serviço (memória de massa). Ao solicitar esse serviço, deve-se aproveitar para fazer controles das condições da planta, anotando a hora de entrada das diversas cargas e seu período de funcionamento, de modo a poder verificar no relatório qual foi a demanda medida para a carga que entrou em operação. Exemplo: às 8 horas do dia 23/6 ligou-se apenas parte de iluminação e às 9 horas entrou em operação o sistema de ar-condicionado central. As medições dessas cargas po-

derão ser identificadas ou mensuradas com o relatório de memória de massa e confrontada com as demandas levantadas na metodologia do rateio (item anterior).

A alternativa é adquirir um controlador de demanda. Esses equipamentos, além de outras funções, controlam as demandas solicitadas no sistema de medição da concessionária, visando impedir a ultrapassagem da demanda contratada. Cargas predefinidas são retiradas, evitando-se que ocorra a ultrapassagem. Esses equipamentos podem ser adquiridos com um sistema de supervisão que permita verificar, on-line, a entrada em operação de diversos centros de custos.

Na análise, devem ser considerados os faturamentos com a tarifa convencional, se aplicável, e horo-sazonal. O período de observação deve ser, em princípio, igual ou superior a 12 meses. Deve-se adotar este período pelo fato de ser mais representativo e de evitar distorções decorrentes de sazonalidades.

Uma primeira ação consiste em levantar as cargas com funcionamento no HP e verificar a possibilidade de transferência para o HFP, visando tirar maior proveito da tarifa horo-sazonal. Recomenda-se desligar no horário de ponta as cargas que não comprometam o serviço ou a produção. Por exemplo: desligar as cargas de refrigeração (talvez a elevação da temperatura que ocorrerá nas 3 horas do período de ponta não irá comprometer a qualidade dos produtos que estão sendo refrigerados), a parcela das cargas (por exemplo, no tanque da ETE) e um dos agitadores/areadores (quando planejar alguma interrupção, fazê-la no horário de ponta).

Para exemplificar, segue um exercício de análise e simulação de faturamento. No arquivo "modulacao", no CD que acompanha este Guia, encontram-se as tabelas usadas no exemplo. Será utilizado um exemplo da MT, por apresentar mais alternativas.

Para o cálculo do faturamento, serão usadas as tarifas apresentadas na tabela 5.1

Exemplos de simulações de faturamento

- ***Situação original:*** Na situação original, uma unidade consumidora (horário de ponta das 17 às 19h) está enquadrada na tarifa convencional (demanda menor que 300 kW). Pelas faturas de energia elétrica, podem-se levantar os valores médios mensais típicos de demanda e o consumo, conforme as tabelas a seguir.

COMPONENTES	VALORES
Demanda (kW)	270
Consumo (kWh)	90.685

Elaborando-se o rateio de consumo e demanda conforme o item anterior, temos o seguinte exemplo:

TABELA 5.7: LEVANTAMENTO DE CARGAS E HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO – SITUAÇÃO ORIGINAL

USOS FINAIS	POTÊNCIA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO																							
	kW	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ar Comprimido	70									70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70			
Refrigeração	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Transportadores - Ala "A"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Transportadores - Ala "B"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Ar Condicionado Adm.	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
Ar Condicionado Planta	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20							
Iluminação Geral	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Iluminação Externa	10	10	10	10	10	10	10	10	10											10	10	10	10	10	10
Total		110	110	110	110	110	110	110	110	270	270	270	270	270	270	270	270	270	250	260	240	240	110	110	110

TABELA 5.8: LEVANTAMENTO DO CONSUMO MENSAL – SITUAÇÃO ORIGINAL

USOS FINAIS	POTÊNCIA	HORAS / MÊS		CONSUMO MENSAL - KWH	
	kW	HFP	HP	HFP	HP
Ar Comprimido	70	220	66	15.400	4.620
Refrigeração	100	630	66	63.000	6.600
Transportadores - Ala "A"	20	220	66	4.400	1.320
Transportadores - Ala "B"	20	220	66	4.400	1.320
Ar Condic. Adm.	20	216	44	4.320	880
Ar Condic. Planta	20	198		3.960	-
Iluminação Geral	20	220	66	4.400	1.320
Iluminação Externa	10	360	44	3.600	440
Total	280			**103.480**	**16.500**
				TOTAL	**119.980**

Dados a serem considerados para o faturamento

COMPONENTES	HORÁRIO	VALORES
Demanda (kW)	Ponta	260
	Fora de ponta	270
Consumo (kWh)	Ponta	16.500
	Fora de ponta	103.480

TABELA 5.9: VALORES DE FATURAMENTO

Situação original

MODALIDADE	FATURAMENTO
Convencional	R$ 25.208,20
Azul	R$ 26.781,60
Verde	R$ 28.528,26

A melhor opção recai sobre a tarifa convencional, que proporciona uma economia de 5,9% em relação à tarifa azul e 11,6% em relação à verde.

- ***Com modulação de cargas*** – Se após a análise fosse realizada uma mudança dos horários de funcionamento dos transportadores e do ar condicionado, e reduzida a operação dos refrigeradores e do ar comprimido no horário de ponta, a nova planilha após reprogramação de cargas seria desta maneira:

TABELA 5.10: LEVANTAMENTO DE CARGAS E HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO - COM MODULAÇÃO

USOS FINAIS	POTÊNCIA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO																							
	kW	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ar Comprimido	70									70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70			
Refrigeração	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Transportadores - Ala "A"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Transportadores - Ala "B"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20				20			
Ar Condicionado Adm.	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20							
Ar Condicionado Planta	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20							
Iluminação Geral	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Iluminação Externa	10	10	10	10	10	10	10	10	10			10	10	10	10	10	10								
Total		110	110	110	110	110	110	110	110	270	270	270	270	270	270	270	270	270	210	220	220	240	110	110	110

TABELA 5.11: LEVANTAMENTO DO CONSUMO MENSAL PREVISTO – COM MODULAÇÃO

USOS FINAIS	POTÊNCIA	HORAS / MÊS		CONSUMO MENSAL - KWH	
	HFP	HFP	HP	HFP	HP
Ar Comprimido	70	220	44	15.400	3.080
Refrigeração	100	652	44	65.200	4.400
Transportadores - Ala "A"	20	220	66	4.400	1.320
Transportadores - Ala "B"	20	220		4.400	-
Ar Condicionado Adm.	20	198		3.960	-
Ar Condicionado Planta	20	198		3.960	-
Iluminação Geral	20	220	66	4.400	1.320
Iluminação Externa	10	360	44	3.600	440
Total				**105.320**	**10.560**
				TOTAL	**115.880**

Dados a serem considerados para o faturamento

COMPONENTES	HORÁRIO	VALORES
Demanda (kW)	Ponta	220
	Fora de ponta	270
Consumo (kWh)	Ponta	10.560
	Fora de ponta	105.320

TABELA 5.12: VALORES DE FATURAMENTO - COM MODULAÇÃO

MODALIDADE	FATURAMENTO
Convencional	R$ 24.552,53
Azul	R$ 24.300,31
Verde	R$ 23.477,31

Após a modulação, a tarifa verde passou a proporcionar uma economia de 4,4% em relação à tarifa convencional e de 3,4% em relação à azul.

- **Com nova modulação de cargas –** Se com a nova análise fosse reduzido o número de compressores pela metade e não se operasse o sistema de refrigeração no horário de ponta, a nova planilha, após reprogramação de cargas, ficaria desta maneira:

TABELA 5.13: LEVANTAMENTO DE CARGAS E HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO – COM NOVA MODULAÇÃO

USOS FINAIS	POTÊNCIA kW	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ar Comprimido	70									70	70	70	70	70	70	70	70	70	35	35	35	70			
Refrigeração	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				100	100	100	100
Transportadores - Ala "A"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Transportadores - Ala "B"	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20				20			
Ar Condicionado Adm.	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20							
Ar Condicionado Planta	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20							
Iluminação Geral	20									20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Iluminação Externa	10	10	10	10	10	10	10	10	10											10	10	10	10	10	10
Total		110	110	110	110	110	110	110	110	270	270	270	270	270	270	270	270	270	75	85	85	240	110	110	110

TABELA 5.14: LEVANTAMENTO DO CONSUMO MENSAL PREVISTO – COM NOVA MODULAÇÃO

USOS FINAIS	POTÊNCIA	HORAS / MÊS		CONSUMO MENSAL - KWH	
	HFP	HFP	HP	HFP	HP
Ar Comprimido	70	220	33	15.400	2.310
Refrigeração	100	696		69.600	-
Transportadores - Ala "A"	20	220	66	4.400	1.320
Transportadores - Ala "B"	20	220		4.400	-
Ar Condicionado Adm.	20	198		3.960	-
Ar Condicionado Planta	20	198		3.960	-
Iluminação Geral	20	220	66	4.400	1.320
Iluminação Externa	10	360	44	3.600	440
Total				**109.720**	**5.390**
				TOTAL	**115.110**

Dados a serem considerados para o faturamento

COMPONENTES	HORÁRIO	VALORES
Demanda (kW)	Ponta	85
	Fora de ponta	270
Consumo (kWh)	Ponta	5.390
	Fora de ponta	109.720

TABELA 5.15: VALORES DE FATURAMENTO - COM NOVA MODULAÇÃO

MODALIDADE	FATURAMENTO
Convencional	R$ 24.429,39
Azul	R$ 18.804,06
Verde	R$ 19.372,22

Após as novas alterações, a tarifa azul proporcionou uma economia de 23% em relação à tarifa convencional e de 2,9% em relação à tarifa verde.

Verifica-se, pelos exemplos anteriores, que apenas com rearranjos de horários e mudanças do modo de operação é possível chegar a diferentes opções tarifárias. Nesse exemplo, o último resultado proporcionaria uma economia anual de R$ 76.849,73, ou 25% do valor original.

6 Controles dos Índices

"O que não é medido, não é controlado." Na gestão energética, esse dito se aplica inteiramente. A verificação, análise e acompanhamento dos resultados é uma premissa básica nas atividades a serem desenvolvidas pela CICE.

Visando facilitar o controle dos resultados, será apresentada uma metodologia que permite acompanhar a evolução do consumo, dos custos específicos, e da economia em kWh e reais. As tabelas 6.1 e 6.2, de forma simplificada, baseiam-se apenas no consumo total e em apenas um produto. Para empresas com mais de um produto e que tenham feito o rateio da energia por centro de custo, podem-se refinar as tabelas apresentadas, dividindo o consumo nos horários de ponta e de fora de ponta e fazendo o levantamento por centro de custo e por produto. No CD que acompanha este Guia estão os arquivos que contêm as tabelas apresentadas a seguir e outra para cálculos mais apurados, considerando o horário de ponta e o fora de ponta (arquivo "controle").

Reúna as contas de energia elétrica e obedeca ao procedimento a seguir (as tabelas apresentam um caso hipotético, para fins de exemplificação):

- **Dados de identificação da empresa –** Servirá para que terceiros identifiquem a unidade consumidora.
- **Identificação do intervalo de leitura –** Compreende os dias entre a data da leitura anterior e a data da leitura atual, correspondente ao ciclo de faturamento.
- **Atividade produtiva –** Faça o levantamento do que foi produzido durante o intervalo de leitura. Se não for possível, estime, com base na produção média diária verificada em período próximo ao intervalo de leitura. Informe a unidade de produção que será utilizada. Por exemplo: número de dias realmente trabalhados, horas ou dias trabalhadas, toneladas de produto, peças, etc.
- **Controle do consumo e dos custos específicos –** Não se esqueça de que os valores da fatura do mês referem-se ao consumo do mês anterior. Escolha se irá utilizar valor com ou sem impostos e taxas, e mantenha essa escolha em todos os meses. Devido às variações de ICMS e a sua recuperação, além

de outras taxas, é aconselhável utilizar somente as tarifas publicadas, sem impostos. No setor, esse montante é denominado "importe".

- **Cálculo do preço médio –** Divida a fatura pelo consumo total.
- **Cálculo do consumo específico –** Divida o consumo total pela produção do respectivo período.
- **Cálculo do custo específico –** Multiplique o preço médio pelo consumo específico ou divida a fatura pela produção do respectivo mês.
- **Cálculo das economias –** A partir da 13ª conta já será possível calcular as economias. Ver a metodologia apresentada nos itens **5.8** e **5.9**.

Redução em kWh = $(\text{Cons. Espec.}_{\text{antes}} - \text{Cons. Espec.}_{\text{depois}}) \times \text{Produção}_{\text{depois}}$

e

Redução em R$ = $(\text{Custo Espec.}_{\text{antes}} - \text{Custo Espec.}_{\text{depois}}) \times \text{Produção}_{\text{depois}}$

- **Elaboração dos gráficos de acompanhamento –** "Consumo específico", "Custo específico", "Economia de energia elétrica" e "Economia em reais". Gráficos são elementos visuais que facilitam o entendimento de todos e auxiliam na identificação de situações atípicas. (figuras 6.1 a 6.4)

No arquivo "controle" contido no CD que acompanha este Guia, os cálculos descritos e a geração dos gráficos já estão automatizados.

TABELA 6.1: ACOMPANHAMENTO E COMPARATIVO DE CONSUMO E DE CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA

PLANTA / UNIDADE:	DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA			
		IDENTIFICADOR:		
Grupo:	Modalidade Tarifária :	Nº Contrato:		
		vigente	anterior 1	anterior 2
Demanda contratada fora de ponta ou única - kW				
Demanda contratada de ponta - kW				
Atividade Produtiva:				
Produto Acabado				

CONTROLE DO CONSUMO E DOS CUSTOS ESPECÍFICOS

MÊS/ANO DE REFERÊNCIA	CICLO DE FATURAMENTO	CONSUMO (KWH)	TOTAL FATURA (R$)	PRODUÇÃO (*)	PREÇO MÉDIO (R$/KWH)	CONS. ESPECÍFICO (KWH/*)	CUSTO ESPECÍFICO (R$/*)
jan/03	08/01 -04/02	1000	200,00	200	0,2000	5,00	1,00
fev/03		700	145,00	150	0,2071	4,67	0,97
mar/03		900	170,00	180	0,1889	5,00	0,94
abr/03		800	160,00	170	0,2000	4,71	0,94
mai/03		1000	200,00	200	0,2000	5,00	1,00
jun/03		1000	200,00	200	0,2000	5,00	1,00
jul/03		900	170,00	180	0,1889	5,00	0,94
ago/03		800	160,00	170	0,2000	4,71	0,94
set/03		1000	200,00	200	0,2000	5,00	1,00
out/03		600	145,00	150	0,2417	4,00	0,97
nov/03		1100	210,00	220	0,1909	5,00	0,95
dez/03		900	170,00	190	0,1889	4,74	0,89

TABELA 6.1: ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO E DE CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA

CONTROLE DO CONSUMO E DOS CUSTOS ESPECÍFICOS								ECONOMIAS		
MÊS DE REF.	CICLO DE FATURAMENTO	CONSUMO (KWH)	TOTAL FATURA (R$)	PRODUÇÃO (*)	PREÇOMÉDIO (R$/KWH)	CONS. ESPEC (KWH/*)	CUSTO (R$/*)	ECONOMIA NO MÊS (KWH)	ECONOMIA NO MÊS (R$)	ACUMULADO ATUALIZADO (R$)
jan/04		1000	190,00	205	0,1900	4,88	0,93	25	15,00	15,00
fev/04		700	140,00	157	0,2000	4,46	0,89	33	11,77	26,77
mar/04		900	175,00	175	0,1944	5,14	1,00	-25	-9,72	17,04
abr/04		800	158,00	174	0,1975	4,60	0,91	19	5,76	22,81
mai/04		1000	190,00	203	0,1900	4,93	0,94	15	13,00	35,81
jun/04		1000	190,00	207	0,1900	4,83	0,92	35	17,00	52,81
jul/04		900	175,00	175	0,1944	5,14	1,00	-25	-9,72	43,09
ago/04		800	158,00	180	0,1975	4,44	0,88	47	11,41	54,50
set/04		1000	190,00	203	0,1900	4,93	0,94	15	13,00	67,50
out/04		600	125,00	152	0,2083	3,95	0,82	8	21,93	89,43
nov/04		1100	200,00	223	0,1818	4,93	0,90	15	12,86	102,30
dez/04		900	175,00	185	0,1944	4,86	0,95	-24	-9,47	92,82

* colocar a unidade de produção (t, peças, dias ou horas trabalhadas, etc)

TABELA 6.2: ECONOMIAS OBTIDAS

MÊS DE REFERÊNCIA	ECONOMIA NO MÊS (KWH)	ECONOMIA NO MÊS (R$)	ACUMULADO ATUALIZADO (R$)
jan/04	25	15,00	15,00
fev/04	33	11,77	26,77
mar/04	-25	-9,72	17,04
abr/04	19	5,76	22,81
mai/04	15	13,00	35,81
jun/04	35	17,00	52,81
jul/04	-25	-9,72	43,09
ago/04	47	11,41	54,50
set/04	15	13,00	67,50
out/04	8	21,93	89,43
nov/04	15	12,86	102,30
dez/04	-24	-9,47	92,82

- **Análise -** Analise os motivos das variações. Qualquer alteração atípica tem que ser investigada e justificada para obter ou manter a aprovação de todos os envolvidos. Essas variações podem ter sido causadas por: adoção de medidas de economia, maior número de feriados, maior número de horas trabalhadas, produtos com características diferentes, mudança de processo, acréscimos de equipamentos, etc.

  O valor positivo indica economia de energia elétrica ou redução da produção. Devem-se verificar as medidas implementadas que contribuíram para essa economia e os fatos ocorridos que justifiquem a economia.

  Valor negativo indica que podem ter ocorrido desperdício de energia elétrica ou aumento de carga. Convém identificar os motivos e descrevê-los (por exemplo: horas extras, aumento de carga, etc.).
- **Divulgação -** É importante que tanto o gráfico como a tabela sejam do conhecimento de todos, e não somente dos responsáveis pelo pagamento das contas e da CICE.
- **Metas -** Uma vez analisados e justificados os resultados, é necessário agir proativamente. De imediato, devem-se estabelecer metas de redução do consumo específico de energia elétrica. Por exemplo: reduzir em 10% o consumo específico do respectivo mês do ano anterior ou em 10% a média dos consumos específicos do ano anterior. Resumindo, devem-se estabelecer metas desafiadoras, mas factíveis, e esclarecer as ações para atingi-las.

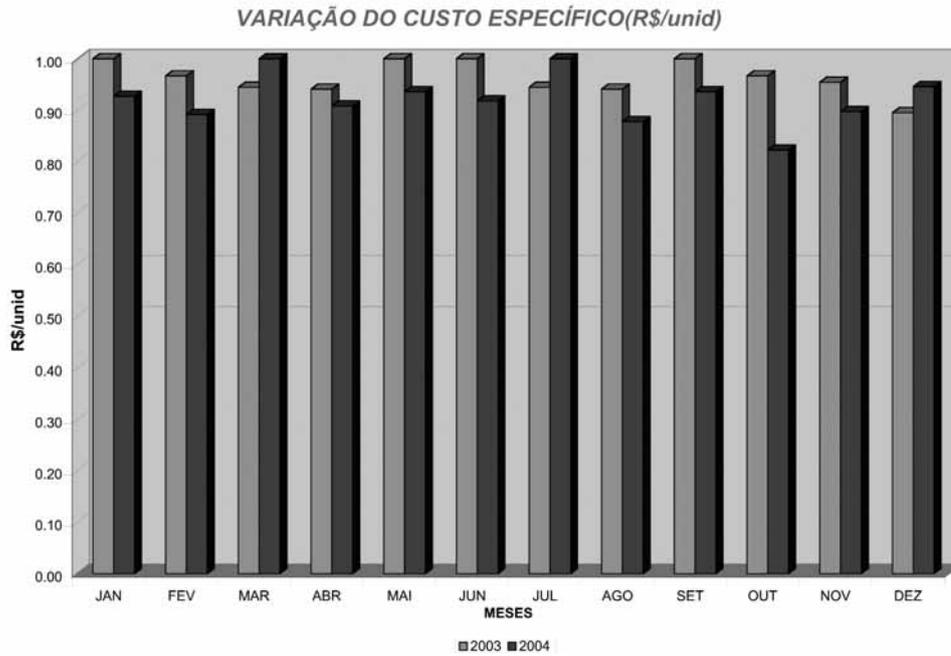



Figura 6.1: Variação do consumo específico (kWh/unid.)

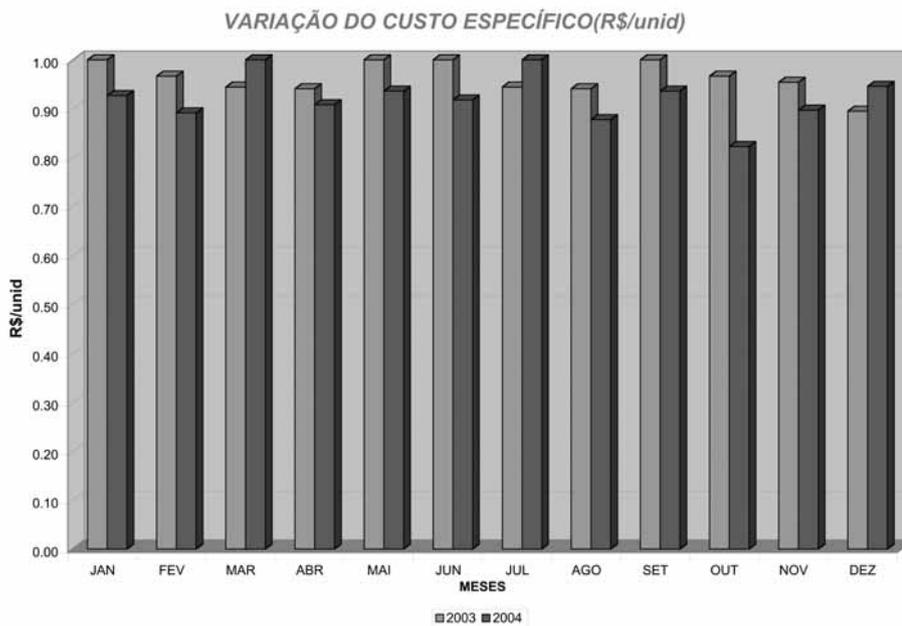



Figura 6.2: Variação do custo específico (R$/unid.)

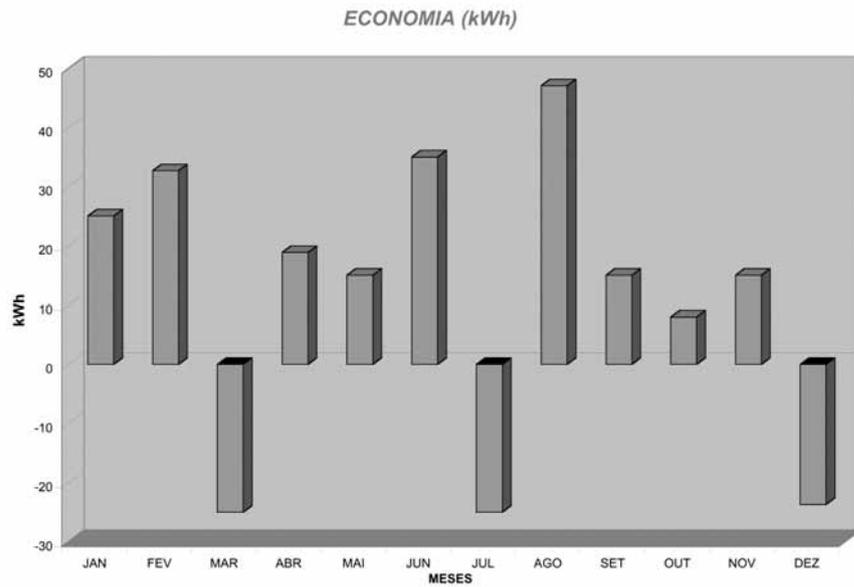



Figura 6.3: Economia (kWh)

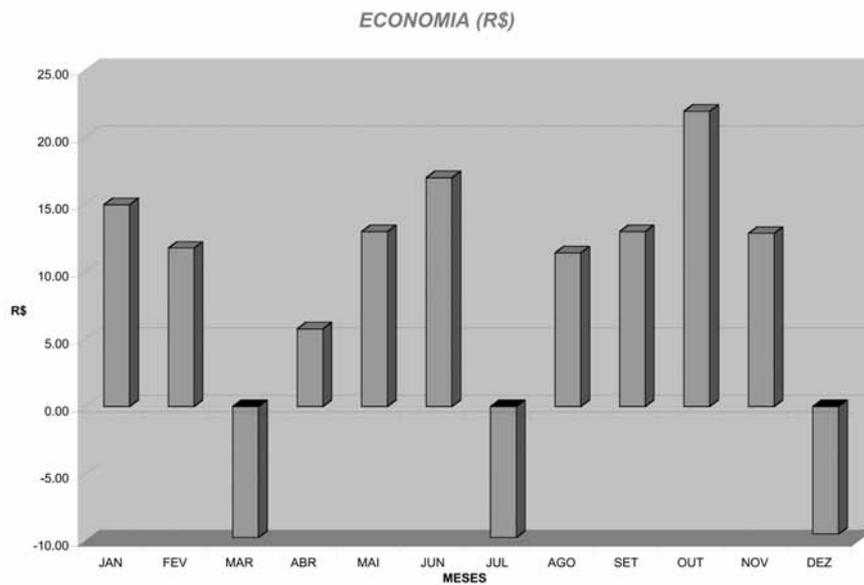



Figura 6.4: Economia (R$)

O controle apresentado corresponde a um modelo mais simplificado. Cabe à CICE ou à empresa, em função de suas experiências e complexidades, aprimorar o modelo proposto.

Como já dito, os controles podem ser realizados considerando os horários de ponta e de fora de ponta e os centros de custo. Devem, também, compensar as sazonalidades, tais como os custos do período seco e úmido e outras particularidades que houver no processo da empresa. Podem-se realizar controles por tipo de produto ou setores. As opções são várias; tudo dependerá da motivação e da capacitação dos membros da CICE. Um modelo de planilha para um controle mais complexo encontra-se no arquivo "controle", no CD anexo ao Guia.

Exercício: Identifique na sua empresa onde estão localizadas e quem poderá informar os dados necessários para exercitar o controle proposto. Estabeleça os procedimentos para sua obtenção de forma regular e no formato desejado. PRATIQUE.

7 Uso da energia

O foco deste guia é na "Gestão Energética", isto é, no planejamento, análise, controle, comunicação e estabelecimento de ações no que se refere ao uso de energia numa planta. Não é objetivo deste Guia aprofundar-se nos usos finais de energia. Cada uso necessita de outro guia, igual ou maior do que o apresentado aqui. O Procel oferece diversas opções no site www.eletrobras.com/procel.

As informações prestadas a seguir sobre o uso de energia visam apenas a um nivelamento de conhecimentos e linguagem, bem como à constituição de uma base para que membros da CICE possam comunicar-se com técnicos especialistas.

Além da bibliografia disponível, muitos fabricantes de produtos, universidades, centros tecnológicos e órgãos de governo disponibilizam informações específicas (manuais, catálogos, cursos, sites/arquivos) sobre cada uso final ou equipamento.

7.1 Meio ambiente

Toda a atividade produtiva visa satisfazer uma necessidade de um grupo, a fim de lhe proporcionar conforto. Para a realização dessa atividade, são gastos recursos da natureza, os quais devem ser preservados para gerações futuras, possibilitando o desenvolvimento sustentável.

A preservação do meio ambiente será uma conseqüência do uso adequado da energia.

O uso otimizado de recursos energéticos abrange a escolha adequada de materiais, a localização e posicionamento no terreno da unidade consumidora e o uso das condições geoclimáticas para favorecer a eficientização energética.

Os participantes da CICE, em especial, devem estar atentos ao especificar uma medida de conservação de energia sobre a correta escolha de materiais e suas características que proporcionem o conforto desejado com o mínimo impacto ambiental.

Anteriormente à otimização da oferta de recursos naturais (água e ar), deve-se otimizar seu uso, procurando identificar os meios de reduzir seus consumos e reaproveitá-los o máximo possível.

Sobre a planta em que se localiza a unidade consumidora, é preciso levantar:

- orientação geográfica (norte, sul, leste, oeste);
- localização e vizinhanças;
- áreas ensolaradas e sombreadas;
- clima – perfil de temperatura anual, umidade, chuvas e direção da corrente de ar predominante;
- origem da água;
- qualidade do ar;
- leiaute da planta, com disposição das luminárias, equipamentos e redes de distribuição de utilidades;
- materiais constituintes; e
- resíduos gerados e forma de sua eliminação.

A análise desses dados permitirá investigar o aumento do uso da iluminação natural, a melhoria da disposição dos equipamentos e/ou luminárias, o aproveitamento de calor, a minimização e proteção da climatização, a localização de tomadas de ar, as áreas a serem otimizadas, as oportunidades de recuperação de resíduos ou de sua redução e o aproveitamento de fontes de recursos naturais.

7.1.1 A eficiência energética e o meio ambiente

A adoção de medidas de eficiência energética deve ser precedida de estudo do impacto ambiental que essa medida poderá causar, quando envolver mudança de processos, equipamentos e materiais.

O caso mais ilustrativo é a intensificação do uso de lâmpadas fluorescentes e de vapor de mercúrio em substituição às incandescentes ou mistas. Nesses casos, a previsão do descarte dessas lâmpadas deve ser estudada e contabilizada, uma vez que os produtos que contêm mercúrio, ao fim de sua vida útil, são considerados resíduos perigosos.

Descarte de produtos contendo mercúrio - Lora e Teixeira [16]

O mercúrio é amplamente utilizado em centenas de aplicações industriais e domésticas. Devido às suas propriedades únicas, é um componente essencial em um grande número de produtos, tais como lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias. Certas formas de mercúrio podem, adversamente, afetar organismos expostos a ele e, em altas concentrações, são capazes de danificar o sistema nervoso central do homem.

O mercúrio contido nesses produtos não desaparecerá e poderá ser liberado para o meio ambiente, por intermédio das plantas de tratamento de efluentes e incineradores de resíduos sólidos ou da água lixiviada de aterros sanitários / lixões (chorume).

A camada branca, normalmente chamada de fósforo, que reveste o tubo de uma lâmpada fluorescente padrão é geralmente um clorofluorfosfato de cálcio, com pequenas quantidades de antimônio e manganês (1 a 2%) na matriz de fósforo. A quantidade desses componentes menores pode mudar ligeiramente dependendo da cor da lâmpada. Uma lâmpada padrão de 1,2 m tem cerca de 4 a 6 gramas de poeira fosforosa. A quantidade de mercúrio em uma lâmpada fluorescente varia consideravelmente de acordo com o fabricante, de uma fábrica para outra, do tipo de lâmpada e do seu ano de fabricação. O consumo total de mercúrio para a fabricação das lâmpadas nacionais é estimado pela ABILUX em 1.000 kg (conteúdo médio de 20,62 mg de Hg/lâmpada).

As lâmpadas de vapor de mercúrio, também, contêm consideráveis conteúdos de mercúrio, podendo, em determinados casos, superar o conteúdo existente nas lâmpadas fluorescentes.

A regulamentação para o descarte de resíduos sólidos está centrada na Norma NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O mercúrio, além da sua capacidade de bioacumulação e do seu potencial de migrar do resíduo para o ambiente, é classificado, conforme esta Norma, como Resíduo Classe I – Perigoso. É uma substância tóxica e poluente.

No nível federal, a Resolução 257, de junho/99, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) trata do descarte de pilhas e baterias contendo mercúrio. Entretanto, no caso específico de lâmpadas de mercúrio ainda não existe uma legislação federal e/ou regulamentação para o seu descarte. Em alguns estados, já existe legislação regulamentando esse descarte.

Convêm consultar os órgãos de fiscalização ambiental para tomar conhecimento das normas e regras aplicáveis e posterior formulação de ações e projetos de descarte.

A estrutura de reciclagem de lâmpadas no Brasil é ainda precária, pois existem poucas indústrias que tratam da descontaminação de lâmpadas fluorescentes.

O termo reciclagem, em se tratando de lâmpadas, refere-se à recuperação de alguns de seus materiais constituintes e a sua introdução nas indústrias ou nas próprias fábricas de lâmpadas.

Em localidades onde existe a separação de resíduos recicláveis, é importante manter os produtos que contêm mercúrio separados do lixo comum. As opções de aterramento e incinerações não são as

mais recomendadas. O principal argumento é que tecnologias comprovadamente bem-sucedidas para esta finalidade já existem. Com a finalidade de minimizar o volume de mercúrio no meio ambiente, a opção de reciclagem, com a conseqüente recuperação do mercúrio, é considerada a melhor solução ambiental para o problema.

Um processo típico de reciclagem inclui desde um competente serviço de informação e esclarecimentos perante os geradores de resíduos (usuários), explicitando como deve-se realizar o transporte para que não ocorra a quebra dos bulbos durante o seu transporte até a garantia final de que o mercúrio seja removido dos componentes recicláveis e de que os vapores de mercúrio sejam contidos durante o processo de reciclagem.

O processo de reciclagem mais usado e em operação em várias partes do mundo envolve, basicamente, duas fases:

a) Fase de esmagamento

As lâmpadas usadas são introduzidas em processadores especiais para esmagamento, quando, então, os materiais constituintes são separados por peneiramento, separação eletrostática e ciclonagem, em cinco classes distintas:

- terminais de alumínio;
- pinos de latão;
- componentes ferro-metálicos;
- vidro;
- poeira fosforosa rica em Hg; e
- isolamento baquelítico.

A poeira fosforosa e demais particulados são coletados em um filtro no interior do ciclone. Posteriormente, por um mecanismo de pulso reverso, a poeira é retirada desse filtro e transferida para uma unidade de destilação para recuperação do mercúrio. A poeira de fósforo é, normalmente, enviada a uma unidade de destilação, onde o mercúrio é extraído. A poeira fosforosa resultante pode ser reciclada e reutilizada; por exemplo, na indústria de tintas. O único componente da lâmpada que não é reciclado é o isolamento baquelítico existente nas extremidades da lâmpada.

b) Fase de destilação do mercúrio

A fase subseqüente neste processo de reciclagem consiste na recuperação do mercúrio contido na

poeira de fósforo. Tal recuperação é obtida pelo processo de retortagem, em que o material é aquecido até a vaporização do mercúrio (temperaturas acima do ponto de ebulição do mercúrio -357º C). O material vaporizado a partir deste processo é condensado e coletado em coletores especiais ou decantadores. O mercúrio assim obtido pode requerer tratamento adicional, tal como borbulhamento em ácido nítrico, para remover impurezas. Emissões fugitivas durante este processo podem ser evitadas usando-se um sistema de operação sob pressão negativa.

O custo para a reciclagem e a conseqüente descontaminação de lâmpadas fluorescentes depende do volume, da distância e dos serviços específicos escolhidos pelo cliente. Nos EUA, o custo para pequenos geradores de lâmpadas usadas varia de US$1,08 a US$2,00/lâmpada. Para grandes geradores, o preço final é da ordem de US$0,36/lâmpada de 1,2 m, mais custos com frete e acondicionamento para transporte. A esse custo devem-se acrescentar os custos de frete (transporte) e de embalagem. Esse custo de reciclagem tem sido suportado somente pelas empresas / indústrias mais organizadas, que possuem um programa ambiental definido.

As observações e os cuidados descritos no tópico anterior são válidos até para aqueles consumidores que já utilizam lâmpadas fluorescentes mas que estão substituindo-as por modelos mais eficientes, que normalmente têm conteúdo menor de mercúrio. Deve-se estudar criteriosamente o descarte das lâmpadas a serem substituídas. Também, o seu custo deve ser considerado no custo total da medida.

As observações sobre o uso de lâmpadas fluorescentes quanto ao descarte, reciclagem e impacto ambiental são válidas para outras medidas de eficientização.

Na troca de motores, é necessário verificar o encaminhamento que será dado aos motores e seus componentes. Alguns fabricantes costumam receber os motores antigos na troca por novos e realizar um programa de reciclagem com aqueles retirados.

O descarte de óleos lubrificantes, isolantes ou de resfriamento também requer cuidados especiais. Certifique-se dos procedimentos adequados para seus descartes ou reciclagem, sejam eles realizados por pessoal próprio ou por empresas especialistas.

A substituição de fluidos frigorígenos, como os freons, que contêm elementos ou gases organo clorados ou CFC (clorofluorcabonos), em sistemas de refrigeração, seja por determinação legal, necessidade ou preservação ambiental, pode levar a sistemas mais ineficientes. Mas, qualquer que seja a situação, tanto sua utilização como sua troca devem ser conduzidas por pessoal capacitado e de acordo com normas e legislação em vigor.

A adoção de novas tecnologias pode causar, além da redução do consumo específico, menor impacto ambiental. A mensuração desse benefício deve ser usada pela empresa ou instituição, seja para valorizar a medida, seja para capitalizá-la em forma de promoção da imagem da empresa para a comunidade e clientes potenciais. A possibilidade de contabilizar a redução de emissões de gases de efeito estufa pode gerar direitos de comercialização dos valores quantificados no mercado internacional.

Algumas medidas de redução de custo com energia não significam necessariamente eficientização energética do ponto de vista estritamente da empresa. Assim são as medidas de modulação no horário de ponta quando parcela da energia ou carga é deslocada para outro horário. Salienta-se que a substituição da energia elétrica por outras fontes, como os motores a combustão (geradores), gera mais ineficiência e maior impacto ambiental, fatores que devem ser quantificados e avaliados quanto à sua pertinência.

O estudo do impacto ambiental é uma necessidade e impõe uma variável, nem sempre econômica, nas avaliações de medidas de redução de custos com energia. Valores como comprometimento com o meio ambiente e redução de desperdícios tornam-se antagônicos em algumas medidas de eficientização energética. Cabe, principalmente, à Direção da empresa a decisão sobre quais valores pautar-se e responder por ela perante a sociedade.

7.2 Instalações elétricas

A energia elétrica, a partir do momento em que é fornecida pela concessionária até aquele em que é utilizada em um motor, lâmpada, resistência ou outro aparelho, passa por diversos equipamentos e necessita de outros para que seja entregue em condições adequadas de uso. Nesse subitem serão abordados os equipamentos que compõem as instalações elétricas.

Por envolverem materiais e equipamentos energizados e que representam riscos à saúde, as atividades técnicas e específicas relativas ao seu manuseio e operação devem ser realizadas por pessoal especializado (técnicos de manutenção).

As informações prestadas a seguir prestam-se ao são nivelamento de conhecimentos dos membros da CICE, visando a uma melhor gestão do consumo de energia.

Para entender o fluxo da energia elétrica e seu uso, é recomendada a elaboração de um diagrama unifilar simplificado (ver figuras 7.1 e 7.2). Nele devem constar, no mínimo, a entrada da concessionária e respectiva tensão, os transformadores com potências e tensão de saída, a localização da medição,

dos bancos de capacitores e de suas potências (kvar) e as cargas conectadas (kVA ou kW). Simbologia técnica, dimensões e características de materiais e equipamentos, chaves, disjuntores, relés, transformador de corrente (TC) e de tensão (TP) são refinamentos que podem ser adicionados quando os membros da CICE estiverem capacitados e assim o desejarem.

O unifilar auxiliará no levantamento do carregamento de circuitos e dos transformadores, na adequação da distribuição das cargas e dos capacitores e no dimensionamento e localização de pontos de controle.

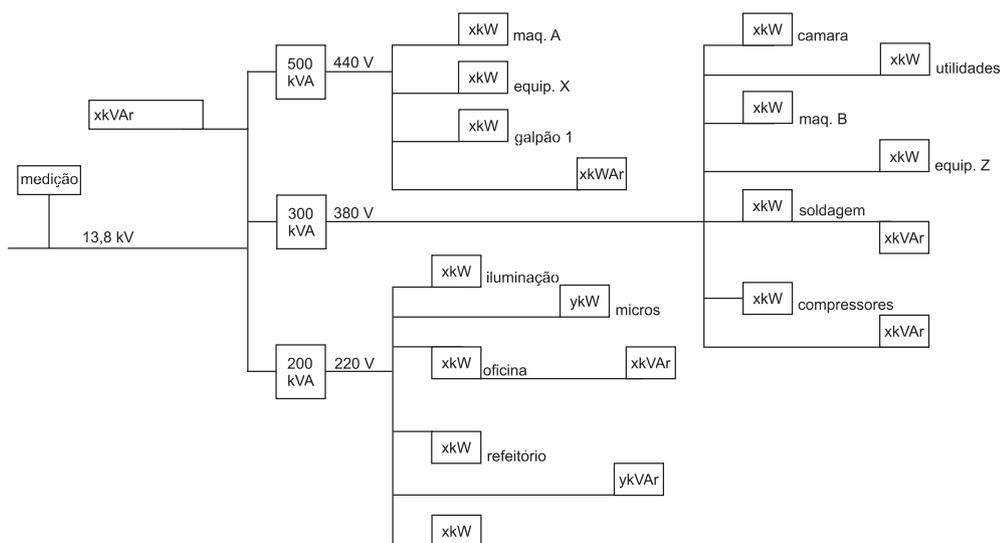



Figura 7.1: Diagrama unifilar simplificado – consumidor de alta tensão – exemplo 1

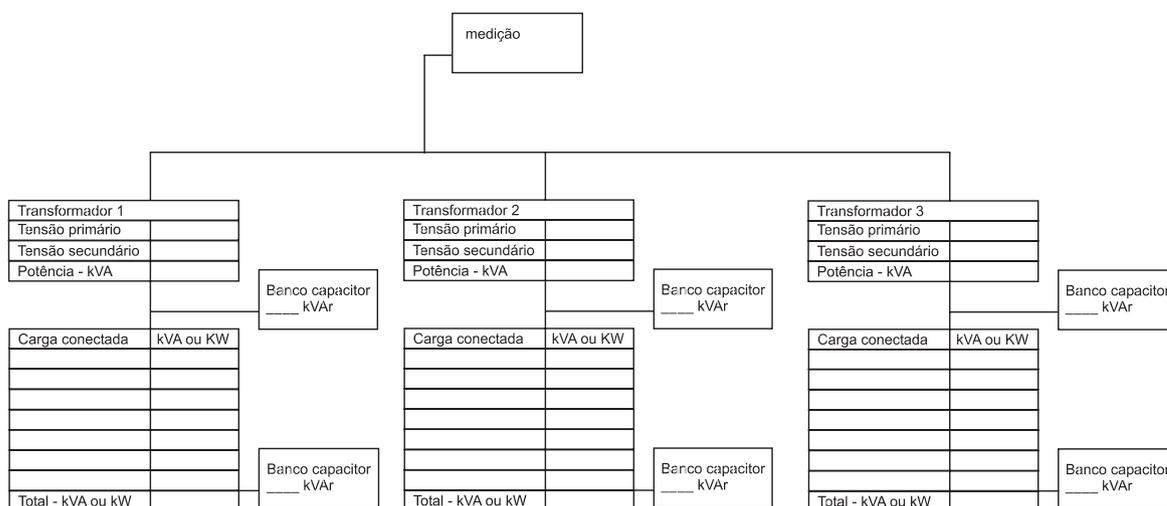



Figura 7.2: Diagrama unifilar simplificado – consumidor de alta tensão – exemplo 2

7.2.1 Fator de Potência (FP)

A energia elétrica é a força que produz trabalho nas máquinas e nos equipamentos elétricos de uma instalação elétrica. Essa energia é utilizada de duas formas distintas: a energia reativa e a energia ativa.

A energia reativa (magnetização) forma um campo magnético necessário para que diversos equipamentos funcionem: motores (para que possam girar), transformadores, reatores utilizados nas lâmpadas de descarga (fluorescentes, vapor de mercúrio, etc.) e fornos de indução. A energia ativa é a que realmente realiza trabalho; isto é, transforma a energia elétrica em outras formas de energia, tais como: energia luminosa (lâmpadas), energia mecânica (motores elétricos) e energia térmica (fornos e fogões).

À composição dessas duas formas de energia denomina-se "energia aparente" ou "energia total". O fator de potência (FP) é o índice que indica o quanto da energia aparente ou total é transformada em energia que realiza o trabalho.

FP = potência ativa / potência aparente = kWh / kVAh (7.1)

Este índice varia entre 0 e 100%.

Um fator de potência igual a 100% indica que o aparelho elétrico ou a instalação elétrica utilizou toda a energia elétrica consumida, transformando-a em outras formas de energia. De outro lado, fator de potência menor que 100% indica que o aparelho elétrico ou a instalação elétrica utilizou apenas uma parcela da energia elétrica disponível.

Motores superdimensionados para as respectivas máquinas, motores trabalhando em vazio durante grande parte do tempo, grandes transformadores alimentando pequenas cargas por muito tempo, lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, fluorescentes, etc.) e grande quantidade de motores de pequena potência são causas de um baixo FP.

O baixo fator de potência mostra que a energia está sendo mal aproveitada, o que, como conseqüência, provoca problemas de ordem técnica nas instalações, tais como: variação de tensão, que pode ocasionar a queima de motores; maior perda de energia dentro da instalação; redução do aproveitamento da capacidade dos transformadores e dos circuitos elétricos; aquecimento dos condutores; e redução do aproveitamento do sistema elétrico (geração, transmissão e distribuição).

A solução para evitar esse desperdício de energia e os riscos eventuais é a correção do baixo fator de potência para próximo de 100%, devendo, para tanto, tomar as seguintes providências: dimensionar corretamente os motores e equipamentos; utilizar e operar convenientemente os equipamentos elétricos; e instalar capacitores nos circuitos elétricos.

Capacitores são equipamentos elétricos capazes de anular a energia reativa indutiva dos circuitos elétricos. Essa energia é substituída pela energia criada pelo capacitor, chamada de "*energia reativa capacitiva*", que somente é percebida pelo circuito elétrico quando for maior que a energia reativa indutiva. Ela também pode variar o fator de potência entre 0% e 100%, capacitivo.

Há dois tipos básicos de instalações com capacitores:

- instalações com capacitores individuais ligados em cargas; e
- instalações com bancos de capacitores fixos ou automáticos, ligados na subestação de entrada de energia ou de distribuição.

As vantagens que resultam da ligação individual dos capacitores junto às cargas são: o controle é completo; os capacitores não causam problemas quando muitas cargas estão desligadas; não requer comutação separada; o motor sempre trabalha junto com o capacitor; há maior eficiência dos motores, devido à melhor utilização da potência, e à redução nas quedas de tensão; motores e capacitores, em conjunto, podem ser relocados mais facilmente; facilita a escolha do capacitor correto para cada carga; e permite menores perdas na linha e aumento da capacidade de condução de carga do sistema.

As vantagens da instalação de bancos de capacitores ligados na subestação de entrada são: gera menor custo por kvar; proporciona menor custo de instalação; melhora o fator de potência geral da instalação; e permite que o controle automático assegure a dosagem exata da potência de capacitores ligada a qualquer momento, eliminando possíveis sobretensões.

Quando o fator de potência é corrigido de maneira eficaz, as perdas de energia se reduzem; o aquecimento dos condutores diminui; as variações de tensão diminuem; e a capacidade dos transformadores alcança melhor aproveitamento, devido à liberação de carga. Verifica-se em conseqüência, aumento na vida útil dos equipamentos elétricos, que passam a consumir a energia de forma racional e econômica. Todo o sistema de distribuição de energia também sai ganhando.

O controle do fator de potência é regulamentado por legislação específica (Resolução ANEEL 456, de 29 de novembro de 2000) e se aplica às unidades consumidoras faturados em alta tensão de fornecimento.

A legislação determina que o fator de potência deve ser mantido o mais próximo possível de 100%, porém permite um valor mínimo de 92%, indutivo ou capacitivo. Se o fator de potência estiver abaixo desse mínimo, a concessionária cobra, na conta mensal, a preço de energia ativa, o excedente de energia reativa indutiva ou capacitiva. Se na unidade consumidora a energia elétrica for medida por registradores digitais com programação apropriada, o fator de potência é calculado de hora em hora. Quando não houver esta forma de medição, o fator de potência é calculado por meio dos valores mensais.

A energia reativa capacitiva é medida entre 00:00 e 06:00 horas. A energia reativa indutiva é medida das 06:00 às 24:00 horas, diariamente. Quando a energia reativa capacitiva não é medida, por falta de medição apropriada, a energia reativa indutiva é medida durante as 24 horas do dia.

Por que a unidade consumidora paga pelo baixo fator de potência?

Foi mencionado que o excesso de energia reativa indutiva ou de energia capacitiva sobrecarrega os circuitos elétricos e, conseqüentemente, o sistema elétrico das concessionárias. Também, afirmou-se que isto é provocado pelas unidades consumidoras. Nada mais justo, então que cobrar dos consumidores essa energia desperdiçada, na forma de excedente.

Apresenta-se, a seguir, uma fórmula fácil de compreender esta questão:

A sobrecarga no sistema elétrico pode ser demonstrada pela expressão:

$$PVA = \frac{PW}{FP} \qquad (7.2)$$

Onde

PVA = Potência aparente ou total;

PW = Potência ativa; e

FP = Fator de Potência medido.

1º Exemplo:

Dando-se valores numéricos para as grandezas de PW = 300 e FP = 1,00 (100%), tem-se:

PVA = 300 / 1,00 = 300 VA

Com um fator de potência igual a 1,00 (100%), a energia aparente ou total é igual à energia ativa.

2º Exemplo:

Conservando-se o valor de PW e diminuindo-se o FP para 0,50 (50%), tem-se:

PVA = 300 / 0,50 = 600 VA

Com um fator de potência igual a 0,50 (50%), indutivo ou capacitivo, a potência aparente é duas vezes maior que a potência ativa. Isso significa que a concessionária tem que fornecer o dobro da potência para atender à mesma potência ativa.

Em resumo, as concessionárias fornecem VA (volt-amper) e não W (watt).

7.2.2 Transformadores

O transformador é um equipamento que se destina a transportar energia elétrica em corrente alternada, de um circuito elétrico para outro, sem alterar o valor da freqüência. Quase sempre, essa transferência ocorre com mudança dos valores de tensão e de corrente. Quando um transformador recebe energia em uma determinada tensão e a transforma em outra mais elevada, tem o nome de "transformador elevador". Caso contrário, é chamado de "transformador abaixador".

Como toda máquina, o transformador apresenta perdas, que são pequenas em relação à sua potência nominal. Essas perdas podem ser classificadas em dois tipos: fixas e variáveis.

a) Perdas fixas

São as perdas no núcleo magnético, ou perdas no ferro. Elas existem desde que o transformador esteja ligado à rede elétrica e são devidas às características magnéticas dos materiais empregados na sua fabricação. Caracterizam-se por praticamente não variarem com a carga solicitada do transformador. Essas perdas dependem dos materiais utilizados. Os transformadores mais modernos apresentam menores perdas, devido ao desenvolvimento tecnológico na fabricação das chapas de ferro e aos projetos mais bem elaborados. No caso das perdas no ferro, elas somente deixarão de existir caso o transformador seja desligado da rede elétrica. A tabela 7.1 apresenta valores de perdas para diferentes potências de transformador.

TABELA 7.1: PERDAS EM TRANSFORMADORES

POTÊNCIA (kVA)	PERDAS NO FERRO (kW)	PERDAS TOTAIS (kW)
30	0,20	0,77
45	0,26	1,04
75	0,39	1,53
150	0,64	2,55
225	0,90	3,60
300	1,12	4,48
500	1,35	6,70
750	1,50	13,50
1.000	1,90	16,50

Fonte: IBAM – Eletrobrás / Procel

b) Perdas variáveis

São as perdas que ocorrem nos enrolamentos ou no cobre. Ao circular corrente elétrica por um condutor, ocorrem perdas, chamadas de "perdas ôhmicas" ou "perdas por efeito Joule", que se caracterizam por variar com a resistência do condutor e com o quadrado da corrente elétrica que por ele circula.

$P = R \times I^2$ (7.3)

onde:

P = potência (W);

R = resistência dos enrolamentos (ohm); e

I = corrente (A).

A redução das perdas é obtida quando são tomadas de medidas de conservação de energia nas correntes de cargas alimentadas pelo transformador, como a elevação do fator de potência e uma melhor distribuição das cargas.

As medidas de conservação de energia elétrica adotadas no âmbito da empresa resultam em menor solicitação de potência e, conseqüentemente, em menor corrente de carga a ser suprida pelo transformador. Quanto menor a corrente, menores serão as perdas nos enrolamentos do equipamento.

Recomendações

Os transformadores são aparelhos que funcionam, normalmente, com rendimentos muito elevados. Não se podem esperar, no seu nível, grandes economias de energia. Não obstante, é necessário observar algumas regras simples de modo a evitar o desperdício desnecessário de energia, como:

- utilizar os transformadores com carregamento o mais próximo da capacidade nominal;
- desligar os transformadores que não estão sendo utilizados, tomando os devidos cuidados com a umidade em seu isolamento elétrico;
- eliminar progressivamente os aparelhos muito antigos, substituindo-os, quando ocorrerem avarias, por outros mais modernos;
- comprar equipamentos de boa qualidade, observando sempre as normas brasileiras;
- não adquirir transformadores usados sem antes conhecer suas perdas reais;
- implantar os transformadores próximos aos principais centros de consumo;
- evitar sobrecarregar circuitos de distribuição; e
- manter bem balanceadas as redes trifásicas.

Cuidados com os pequenos transformadores

Existe nas instalações de baixa tensão, notadamente na indústria, grande quantidade de pequenos transformadores de usos muito diversos – por exemplo, alimentação de circuitos eletrônicos, circuitos de segurança –, nos quais a potência varia de W a kW.

Esses transformadores, por economia, são freqüentemente construídos com chapas de má qualidade, bem como bobinas com condutores de cobre de baixa qualidade, constituindo-se em verdadeiros aquecedores, tal a quantidade de energia que dissipam na forma de calor.

7.2.3 Automação e controladores de demanda

O termo **automação** refere-se ao uso de tecnologia para facilitar o trabalho do ser humano e estender sua capacidade física e mental.

O emprego de dispositivos automáticos remonta aos tempos antigos. Entre os primeiros exemplos destacam-se o controle de vazão e do nível nos reservatórios de água da Roma Antiga, o relógio mecânico inventado no século XII e a máquina aritmética de Pascal (1642). No século XVIII, a automação teve papel preponderante na Revolução Industrial. O "regulador centrífugo", de James Watt, desenvolvido em 1769, foi o primeiro controlador industrial. Era aplicado no controle de velocidade de máquinas a vapor.

O grande avanço da teoria de aplicação de controle, entretanto, verificou-se durante a Segunda Guerra Mundial e, posteriormente, na era espacial, quando se tornou necessário construir sistemas de controle precisos e de alta complexidade para guiar foguetes, sondas e naves espaciais. Nos tempos modernos, o advento e a contínua queda de preços dos computadores digitais são, sem dúvida, os fatores que mais contribuem para a aplicação de sistemas de controle.

A produção em série supõe similaridade (igualdade) entre as unidades produzidas. Desde a produção de pão de queijo até a produção de automóveis e aviões, é absolutamente necessário manter o mais uniforme possível tanto as características do ambiente (pressão, temperatura, pH, etc.) quanto o produto (espessura, forma, cor, volume, peso, etc.). Isso só se consegue com o controle automático dos processos.

O tema **Automação e controle** envolve muitas tecnologias e assuntos especializados, que não são foco deste Guia. A seguir, o uso de controladores de demanda será abordado, pois, além de importante, é de interesse para os gestores energéticos.

O controlador de demanda é um equipamento usado com o propósito de evitar a ultrapassagem de demanda, que resulta em valores substanciais de multas. Só essa razão já seria suficiente para justificar a aquisição desse equipamento. O desenvolvimento tecnológico, o aumento dos fornecedores desse equipamento e as necessidades dos consumidores levaram à conversão desse equipamento num sistema de gerenciamento de energia (SGE).

Esse sistema visa reduzir custos com energia. Anterior à sua aquisição e instalação, os pré-requisitos para sua implantação são o conhecimento detalhado dos fluxos de produção e de energia e a inter-relação entre as variáveis de processo e o consumo de energia.

O conhecimento do perfil de carga da instalação e de suas principais cargas permite estabelecer ações sobre equipamentos que poderão reduzir picos de demanda sem causar prejuízos à produção ou ao funcionamento da instalação.

Um sistema de gerenciamento de energia simples consiste em um controlador conectado à medição da concessionária, na entrada de energia da instalação, o qual recebe as informações de medição "on line". Com base nessas informações e nos valores contratados de demanda, e conforme parametrizado em seu sistema, ela atua sobre um conjunto de cargas previamente definido, evitando picos de carga e, principalmente, a ultrapassagem da demanda máxima permitida pela concessionária. Um modelo esquemático é apresentado na figura 7.3.

Sistemas mais complexos podem receber informações de demanda e de consumo de outros setores. Podem, até mesmo, estar conectados a outros sistemas supervisórios de controle de variáveis, como pressão, temperatura, vazão, nível e estado atual. Fundamentados nesse conjunto de informações coletadas e numa programação previamente definida, podem atuar na operação de diversos equipamentos, como ar-condicionado, bombas, iluminação, compressores e velocidade de motores.

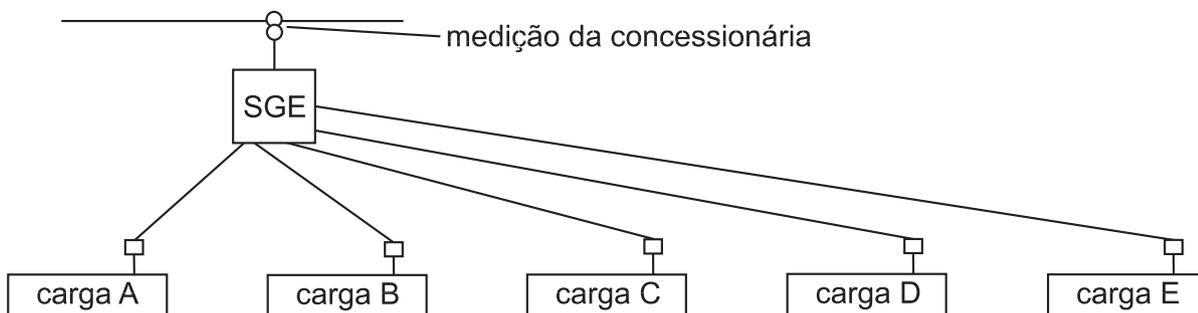



Figura 7.3: Esquema de atuação de um sistema de gerenciamento de energia

A instalação de um sistema de gerenciamento de energia permite, ainda: controle automático de bancos de capacitores (mantendo o fator de potência sempre acima de 0,92), medições de outras variáveis elétricas de pontos específicos, elaboração de gráficos de controle e simulação de contas e operações ou das conseqüências da entrada de uma nova carga.

O mercado dispõe de diversos modelos e configurações. Cabe à empresa, por intermédio da CICE e de sua área encarregada de automação e controle, selecionar aquele que melhor atenda às necessidades da planta / instalação. Os seguintes cuidados devem ser tomados:

- verificar a compatibilidade com os sistemas existentes;
- evitar comprar sistemas superdimensionados (diversas funções) se seu uso for restrito a poucas ações;
- certificar-se de que falhas no sistema não provoquem paradas de produção ou perdas;
- definir níveis de segurança para o controle sobre o acesso aos dados e de poder para modificar sua programação;
- estabelecer periodicidade e garantias de assistência técnica e de manutenção e atualização dos sistemas (“up grade”), bem como dos respectivos custos;
- capacitar operadores e analistas na operação do sistema; e
- prever expansões da instalação e do sistema.

Sistemas de gerenciamento de energia são aplicáveis em todos os tipos de consumidores, sendo justificados para aqueles submetidos a contratos de demanda e, com o advento da figura do cliente livre, a contratos de energia.

Empresas com mais de uma planta podem integrar e centralizar as informações dessas instalações em um único sistema, podendo monitorar e controlá-lo remotamente.

7.3 Iluminação

A iluminação participa com uma importante parcela no consumo de energia elétrica nas empresas, principalmente nos setores comercial, de serviços e público. No setor industrial, sua participação é pequena, mas medidas de eficiência, nesse uso, são visíveis e demonstram o comprometimento e a intenção de realizar um programa para valer em todas as instalações e usos.

O sistema de iluminação de um local de trabalho deve proporcionar:

- luz uniforme sobre todos os planos de trabalho;
- luz suficientemente difusa, bem dirigida e distribuída, para evitar sombras e contrastes nocivos;
- iluminação adequada sem ofuscamento, direto ou refletido; e
- reprodução de cor compatível com a natureza do trabalho.

7.3.1 Conceito básicos

A seguir, apresentam-se as grandezas e unidades fotométricas mais usuais:

- **Fluxo luminoso:** É o fluxo de energia luminosa emitido em todas as direções por uma fonte luminosa no espaço. Exemplos:
  - uma lâmpada a vapor de mercúrio de 250 watts produz 12.500 lúmens;
  - uma lâmpada a vapor de sódio de 250 watts produz 26.000 lúmens.

- **Eficiência luminosa**: Relação entre a quantidade de lúmens produzidos por uma lâmpada e a potência (watts) da lâmpada.

Exemplos utilizando os dados acima:

$$\text{lâmpada a vapor de mercúrio} = \frac{12.500 \text{ lumens}}{250 \text{ watts}} = 50{,}0 \text{ lúmens / watt}$$

$$\text{lâmpada a vapor de sódio} = \frac{26.000 \text{ lumens}}{250 \text{ watts}} = 104{,}0 \text{ lúmens / watt}$$

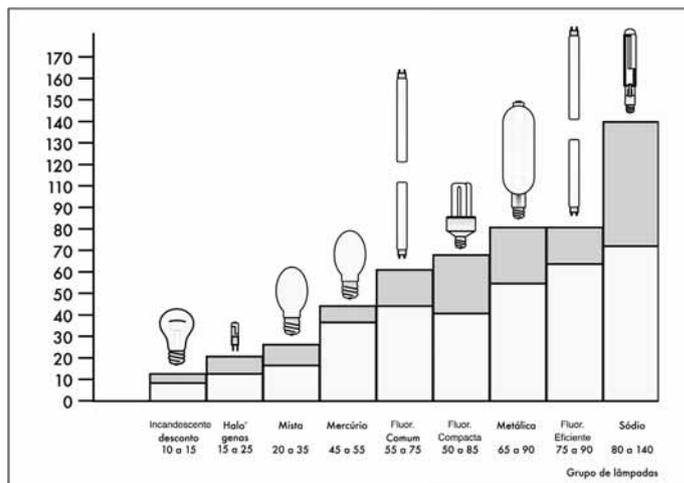



Figura 7.4: Eficiência energética – lm / W.

Fonte: Catálogo OSRAM

- **Iluminância**: É o fluxo luminoso incidente por uma unidade de área de uma superfície iluminada, medida em lux. Os exemplos a seguir dão uma idéia de ordem de grandeza.
  - luz das estrelas: 0,002 lux
  - luar: 0,2 lux
  - iluminação nas ruas: 6 a 12 lux
  - luz do dia em interiores: 500 a 2.000 lux
  - luz do dia em exteriores: 1.000 a 10.000 lux
  - luz do sol direta: 50.000 a 100.000 lux

- **Refletância:** É relação entre o fluxo luminoso refletivo e o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície. É medida geralmente em porcentagem. Exemplo: a refletância do papel branco é da ordem de 70%.

- **Temperatura de cor –** Medida em Kelvin (K), em aspecto visual, admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de tonalidade de cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério **temperatura de cor** (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo metálico, que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a temperatura de cor (aproximadamente 6500 K). A luz amarelada, como a de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2700 K.

É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na eficiência energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada.

Convém ressaltar que, do ponto de vista psicológico, quando dizemos que um sistema de iluminação apresenta luz "quente" não significa que a luz apresenta maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta tonalidade mais amarelada. Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais "fria" será a luz. Um exemplo desse tipo de iluminação é a utilizada em escritórios, cozinhas ou locais em que se deseja estimular ou realizar alguma atividade. Essa característica é muito importante de ser observada na escolha de uma lâmpada, pois, dependendo do tipo de ambiente, há uma temperatura de cor mais adequada para esta aplicação.

- **Índice de reprodução de cores** (IRC ou Ra) – Objetos iluminados podem parecer diferentes mesmo se as fontes de luz tiverem idêntica tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes podem ser identificadas por meio de outro conceito – reprodução de cores –, e de sua escala qualitativa: índice de reprodução de cores (Ra ou IRC).

O mesmo metal sólido, quando aquecido até irradiar luz, foi utilizado como referência para se estabelecer níveis de reprodução de cor. Define-se que o IRC neste caso seria um número ideal = 100. Tem a função de atribuir nota (de 1 a 100) ao desempenho de outras fontes de luz em relação a este padrão.

Portanto, quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão (sob a radiação do metal sólido), menor é seu IRC. Com isso, explica-se o fato de lâmpadas de mesma temperatura de cor possuírem índice de reprodução de cores diferente.

Níveis de iluminação recomendáveis

A Norma Brasileira "Iluminância de Interiores" – NBR-5413 – possibilita a determinação de valores de iluminância segundo o tipo de atividade desenvolvida no ambiente, com base em três variáveis: acuidade visual do observador; velocidade e precisão requerida no trabalho; e condições de refletância da tarefa.

A tabela 7.2 traz valores de iluminância – mínimo, médio e máximo – para três faixas de atividades, A, B e C, cada uma subdividida em três níveis.

A NBR 5413 – Iluminância de Interiores – apresenta, ainda, valores de iluminâncias mínimas, em lux, para diversos tipos de atividades.

TABELA 7.2: ILUMINÂNCIAS PARA CADA GRUPO DE TAREFAS VISUAIS

(continua)

FAIXA	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
A Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 30 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 75 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 150 200	Recintos não utilizados para trabalho contínuo, depósitos.
B Iluminação geral para área de trabalho.	200 300 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
	500 750 1.000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1.000	Tarefas com requisitos especiais, gravação

(conclusão)

FAIXA	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
	1.500 2.000	manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2.000 3.000 5.000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de pequeno tamanho, auditórios.
	5.000 7.500 10.000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10.000 15.000 20.000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: NBR5413

7.3.2 Tipos de lâmpadas usuais

- **Incandescentes.** Operam mediante o aquecimento de um fio fino de tungstênio pela passagem de corrente elétrica. Embora sejam as mais comuns, são as menos eficientes dos tipos encontrados usualmente. São utilizadas na iluminação em geral. Lâmpadas halógenas são modelos incandescentes construídos num tubo de quartzo com vapor de metal halógeno no bulbo, o que permite ao filamento atingir temperaturas mais elevadas, sem diminuição da vida útil, resultando em eficiência luminosa maior do que a das incandescentes comuns. Proporcionam excelente reprodução de cores e têm dimensões reduzidas.

- **Fluorescentes.** Utilizam descarga elétrica por meio de gás. Consistem em um bulbo cilíndrico de vidro revestido de material fluorescente (cristais de fósforo). Contêm vapor de mercúrio a baixa pressão em seu interior e eletrodos de tungstênio em suas extremidades. Com relação à cor irradiada, podem ser encontradas em diversas tonalidades, dependendo do fabricante. Dessa forma, conforme a finalidade, deverá ser aplicado o tipo de lâmpada adequada. As lâmpadas fluorescentes são usadas na iluminação em geral e necessitam, para o seu funcionamento, de dois equipamentos auxiliares:
  - reator: para produzir a sobretensão necessária ao início da descarga e para limitar a corrente (existem dois tipos: o convencional e o de partida rápida, que não necessita de starter); e
  - starter: para ligar e desligar os eletrodos (em caso de reatores de partida convencional).

Existem à disposição no mercado vários tipos de lâmpadas fluorescentes econômicas, tais como as de potência de 16 e 32 watts, as de 26 mm de diâmetro, que substituem as convencionais, de 20 a 40 watts, respectivamente, e as de 38 mm de diâmetro, com as seguintes vantagens:

- potência 20% menor, para produzir o mesmo nível de iluminância;

- menor volume, portanto, melhor estética;
- melhor reprodução de cores; e
- menor obstáculo à reflexão das luminárias.

Atualmente, já existem novas lâmpadas de 14, 28 e 54 W, de 16 mm de diâmetro, que proporcionam maior economia. Devido a sua baixa penetração comercial e à necessidade de luminárias de diferentes dimensões, seu emprego requer um cuidadoso estudo de viabilidade econômica.

As lâmpadas fluorescentes compactas possuem baixa potência (5 a 36 watts) e permitem o desenvolvimento de novas aplicações em luminárias a serem utilizadas em iluminação. Com comprimento variando de 104 mm a 415 mm, têm vasto campo de aplicação, substituindo, com muita vantagem, as lâmpadas incandescentes. Sua vida útil é estimada em 8.000 horas, algumas durando até 12.000 horas.

- **Vapor de mercúrio (VM).** Com bulbo semelhante ao das incandescentes, operam como as fluorescentes, por meio da descarga elétrica, numa mistura de vapor de mercúrio com pequena quantidade de argônio, atingindo altas pressões internas durante o funcionamento. A descarga em alta pressão de mercúrio produz radiação visível e ultravioleta invisível, sendo esta última convertida em luz pelo pó fluorescente que recobre internamente o bulbo, aumentando assim a eficiência da lâmpada. Necessita para seu funcionamento de um reator e, em alguns casos, de ignitor. São muito usadas na iluminação pública e na iluminação de pátios, estacionamentos, áreas livres e depósitos, onde a reprodução precisa de cores não é exigida. É recomendável o seu uso na área industrial.

- **Multivapor metálico.** Lâmpadas de mercúrio a alta pressão, em que a radiação é proporcionada por iodeto de índio, tálio e sódio adicionados ao mercúrio. Emitem luz branco-prateada e têm melhor reprodução de cores que a lâmpada de mercúrio comum, além de apresentarem maior eficiência luminosa. Necessitam para o seu funcionamento de um reator e um ignitor.

- **Vapor de sódio a alta pressão (VS).** Consistem de um tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado contendo sódio a alta pressão, encapsulado por um bulbo tubular ou ovóide recoberto por uma camada de pó difusor. Dependem de sistema externo de ignição, embora, para simplificar o seu emprego em substituição às lâmpadas a vapor de mercúrio, alguns modelos dispensem o ignitor. Têm longa vida e altíssima eficiência luminosa. São usadas em iluminação pública, estacionamentos, pátios, depósitos, fachadas, etc. Emitem uma luz branca dourada.

- **Mista**. Podem ser utilizadas em ambientes internos e externos, não necessitando de equipamento auxiliar para o seu funcionamento. Compõem-se de um tubo de descarga a vapor de mercúrio, co-

nectado em série com um filamento de tungstênio, ambos encapsulados por um bulbo ovóide recoberto internamente com uma camada de ítrio. O filamento atua como fonte de luz de cor quente e como limitador de corrente em lugar do reator. As lâmpadas mistas podem ser alojadas em luminárias próprias para incandescentes e, comparadas com estas, apresentam eficiência luminosa superior e vida média mais longa. Entretanto, são de menor eficiência do que as VM e VS. A substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de luz mista requer cuidadosa análise do projeto, visto que só operam na tensão de 220 volts.

A tabela 7.3 compara as características de algumas dessas lâmpadas.

TABELA 7.3: CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS

(continua)

TIPO DE LÂMPADA	POTÊNCIA (WATTS)	FLUXO LUMINOSO (LÚMENS)	EFICIÊNCIA LUMINOSA MÉDIA (LM/WATT)	VIDA MÉDIA (H)	VANTAGENS	DESVANTAGENS	OBSERVAÇÕES
Incandescente comum	40 60 100 150	470 780 1.480 2.360	11,8 13 14,8 15,7	1.000	Iluminação geral e localizada de interiores; tamanho reduzido e custo baixo.	Baixa eficiência luminosa; alta produção de calor; vida média curta.	Ligação imediata, sem necessidade de dispositivos auxiliares.
Mista	160 250 500	3000 5.500 13.500	18,8 22,0 27,0	6.000	Substituem lâmpadas incandescentes de elevada potência; pequeno volume e boa vida média.	Custo elevado; demora 5 minutos para atingir 80% do fluxo luminoso.	Não necessita de dispositivos auxiliares e é ligada somente em 220 Volts.
Vapor de Mercúrio (*)	80 125 250 400	3.500 6.000 12.600 22.000	43,8 48,0 50,4 55,0	15.000	Boa eficiência luminosa; pequeno volume; longa vida média	Custo elevado; demora 5 minutos para conseguir a emissão luminosa máxima.	Necessita de dispositivos auxiliares (reator) e é ligada somente em 220 Volts.
Fluorescente comum(*)	15 20 30 40	800 1.060 2.075 2.775	53,3 53 69,2 69,4	7.500 10.000			
Fluorescente H. O.	60 85 110	3.850 5.900 8.300	64,2 69,4 75,5	10.000	Ótima eficiência luminosa; baixo custo de funcionamento.	Custo elevado de instalação, em relação às incandescentes	Necessita de dispositivos auxiliares (reator mais starter) ou somente reator de partida rápida.

TIPO DE LÂMPADA	POTÊNCIA (WATTS)	FLUXO LUMINOSO (LÚMENS)	EFICIÊNCIA LUMINOSA MÉDIA (LM/WATT)	VIDA MÉDIA (H)	VANTAGENS	DESVANTAGENS	OBSERVAÇÕES
Fluorescente Econômica (*)	16 32	1.020 2.500	63,7 78,1	7.500	Boa reprodução de cores.		
Fluorescente Compacta (*)	7 9 13	400 600 900	57,1 66,7 69,2	8.000	Boa vida média.		
Vapor de sódio	70 100 150 250 400 600	5.600 8.600 14.500 29.000 49.000 90.000	80 86 97 116 123 150	16.000 16.000 24.000	Ótima eficiência luminosa; longa vida útil; baixo custo de funcionamento; dimensões reduzidas** razoável rendimento cromático (luz de cor branco-dourado)	Custo elevado que é amortizado com o uso; demora em torno de 5 minutos para a lâmpada atingir. 90% do fluxo luminoso total.	Necessita de dispositivos auxiliares (reator+ ignitor) e é ligada em 220 Volts.

* Na eficiência destas lâmpadas, não foram consideradas as perdas dos reatores

** Nenhuma limitação para a posição de funcionamento.

Fonte: ABILUX

A tabela 7.4 relaciona os diversos tipos de lâmpadas e seus campos de aplicação mais usuais.

TABELA 7.4: APLICAÇÃO DOS VÁRIOS TIPOS DE LÂMPADAS

LOCAL	INCANDES-CENTE	FLUORES-CENTE	VAPOR DE MERCÚRIO	MULTIVAPOR METÁLICO	LUZ MISTA	VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO	HALOGÊNIO
ILUMINAÇÃO INTERIOR							
Galpões		X	X			X	
Escritórios		X					
Sala de desenhista		X					
Corredores		X	X		X		
LOCAIS PÚBLICOS *							
Refeitórios	X	X					
Auditórios	X	X	X	X			
ILUMINAÇÃO EXTERIOR							
Fachadas, monumentos			X	X		X	X
Vias rápidas, pontes, viadutos			X	X		X	X
Estacionamentos, pátios			X	X	X	X	X
Túneis, passagens subterrâneas						X	

* Recomendável a utilização de lâmpadas fluorescentes.

Fonte: CEMIG (3)

Quando se exige boa reprodução de cores, as lâmpadas a vapor de mercúrio e a vapor de sódio não devem ser utilizadas, dando-se preferência às incandescentes, fluorescentes ou mistas. Estas últimas devem obedecer a um critério rigoroso de projeto, levando-se em conta a altura e a posição da instalação.

7.3.3 Reatores

As lâmpadas fluorescentes a vapor de mercúrio e a vapor de sódio necessitam para o seu funcionamento da instalação de reatores. Esses equipamentos apresentam perdas por aquecimento e magnetização. Nos reatores de boa qualidade, essas perdas são reduzidas, consumindo menos energia para o seu funcionamento. Já nos reatores de qualidade inferior, essas chegam a até 60%. Muitas vezes, a potência efetiva do reator é bem inferior ao seu valor nominal, reduzindo em mais de 15% o fluxo luminoso e comprometendo a vida útil da lâmpada.

Os reatores, segundo as normas nacionais, devem apresentar vida útil superior a 10 anos. Mas isto só se observa nos de melhor qualidade. Quando da aquisição de reatores, dê preferência aos eletrônicos, que apresentam perdas de energia mínimas (2 a 6 W), evitando desperdícios de energia. Mesmo nos sistemas de iluminação já existentes a troca de reatores comuns pelos eletrônicos é altamente recomendável.

As tabelas 7.5 e 7.6 apresentam a potência média das perdas de reatores eletromagnéticos das lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio e vapor de sódio.

TABELA 7.5: POTÊNCIA MÉDIA DE PERDAS EM REATORES PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES

TIPO DE REATOR	LÂMPADAS (quantidade x watts)	TIPO CONVENCIONAL COM STARTER (PERDAS EM WATTS)	TIPO PARTIDA RÁPIDA (PERDAS EM WATTS)
Simples	1 x 20	7	12
	1 x 40	13	15
Duplo	2 x 20	14	24
	2 x 40	20	22
Simples	1 x 16	-	15
	1 x 32	-	13
Duplo	2 x 16	-	17
	2 x 32	-	21
Simples	1 x 60	-	26
	1 x 110	-	32
Duplo	2 x 60	-	32
	2 x 110	-	48

Fonte: CEMIG (3)

TABELA 7.6: POTÊNCIA MÉDIA DE PERDAS EM REATORES PARA LÂMPADAS A VAPOR DE MERCÚRIO E VAPOR DE SÓDIO

LÂMPADA	POTÊNCIA (W)	PERDAS REATOR (W)
Vapor de Mercúrio	80	13
	125	14
	250	21
	400	23
Vapor de Sódio	50	13
	70	13
	150	21
	250	32
	400	40

Fonte: CEMIG (3)

Use os reatores com selo Procel.

7.3.4 Luminárias e difusores

O conjunto lâmpada-luminária-difusor é que define realmente a eficiência luminosa do equipamento de iluminação, o que leva à necessidade de avaliar o desempenho das luminárias e difusores tanto quanto o das lâmpadas.

Os requisitos principais que uma luminária deve possuir são:

- alto rendimento inicial, conseguindo passar ao ambiente o máximo do fluxo luminoso que a lâmpada emite;
- correta distribuição luminosa, isto é, orientação adequada do fluxo luminoso sobre o plano de trabalho;
- facilidade de manutenção;
- boa conservação do fluxo luminoso no decorrer do uso; e
- pouca interferência com a lâmpada.

As superfícies refletoras das luminárias devem ser mantidas limpas e em condições de manter o melhor nível de reflexão possível. Pode ser necessário repintá-las com o passar do tempo.

As luminárias espelhadas para lâmpadas fluorescentes são de altíssima eficiência, possibilitando uma redução de até 70% do número de lâmpadas, o que ocasionará grande economia de energia elétrica.

Os difusores costumam tornar-se amarelados e opacos com o uso. É conveniente trocá-los por outros de acrílico, que têm boas propriedades contra o amarelecimento. Pode-se afirmar que um difusor opaco provoca uma redução do fluxo luminoso em até 50%, ao passo que nos de acrílico essa redução

é da ordem de 10%. Em alguns casos, material de vidro claro pode ser usado quando compatível com a luminária, se não houver risco de quebra.

Se não houver problemas de ofuscamento, o difusor deve ser removido.

7.3.5 Medidas para conservar energia elétrica na iluminação

O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados, que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, tipo de atividade a ser exercida no local e outras.

É recomendável que os projetos de iluminação considerem os seguintes pontos para a obtenção de maior eficiência:

- máximo aproveitamento da luz natural;
- determinação de áreas efetivas de utilização;
- nível de iluminação adequado ao trabalho solicitado, conforme recomenda a NBR-5413, Iluminância de Interiores;
- circuitos independentes para a utilização de iluminação parcial e por setores;
- iluminação localizada em pontos especiais, como máquinas operatrizes e pranchetas de desenhos;
- sistemas que permitam desviar o calor gerado pela iluminação para fora do ambiente, visando reduzir a carga dos condicionadores de ar;
- seleção cuidadosa de lâmpadas e luminárias, buscando conforto visual, com mínima carga térmica ambiental;
- utilização de luminárias espelhadas, também chamadas de "luminárias de alta eficiência";
- utilização de luminárias sem difusores, sempre que possível;
- seleção criteriosa dos reatores, buscando a redução das perdas e de fator de potência mais alto;
- utilização de relés fotoelétricos, para controlar o número de lâmpadas acesas, em função da luz natural no local; e
- uso de sensores de presença em ambientes de utilização ocasional.

Substituição de lâmpadas

Deve-se sempre estudar a possibilidade de substituir lâmpadas por outras de maior eficiência luminosa, sem alterar as condições existentes de iluminação adequadas às atividades do local. As maiores possibilidades residem na utilização de lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio para iluminar galpões, depósitos, estacionamentos, pátios, etc. e na substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes.

Exemplo:

Em um galpão iluminado durante 12 horas por dia por 100 lâmpadas de 40 W cada uma, usando reator duplo de partida rápida, com potência (perdas) de 22 W, o consumo mensal do sistema é:

$$\frac{(100 \text{ lâmp. X } 40 \text{ W} + 50 \text{ reator x } 22 \text{ W}) \text{ x } 12 \text{ horas x } 30 \text{ dias}}{1.000} = 1.836 \text{ kWh/mês}$$

Cada lâmpada fluorescente de 40 Watts emite 2.775 lumens, resultando num fluxo luminoso de 100 x 2.775 = 277.500 lumens.

Se as lâmpadas fluorescentes forem substituídas por lâmpadas de vapor de sódio de 250 Watts, que emitem em torno de 26.000 lumens cada uma, será necessário instalar 11 lâmpadas de vapor de sódio para produzir o mesmo fluxo luminoso.

Considerando que cada reator necessário para a instalação dessas lâmpadas a vapor de sódio tem uma potência (perdas) de 32 Watts, o consumo total para a nova instalação será:

$$\frac{11 \text{ lâmp x } (250 \text{ W} + 32 \text{ W}) \text{ x } 12 \text{ horas x } 30 \text{ dias}}{1.000} = 1.116 \text{ kWh/mês}$$

Assim, se houver possibilidade física de substituição das lâmpadas, sem prejudicar os níveis de conforto, o novo sistema de iluminação produziria uma economia mensal em torno de 720 kWh (39%).

Observar também que a potência em kW foi reduzida de 5,1 kW para 3,1 kW, possibilitando uma economia da demanda de 2,0 kW.

Antes de tomar a decisão de substituir lâmpadas, é conveniente verificar qual tipo melhor se adapta ao local analisado, qual apresenta o menor consumo de energia elétrica e qual oferece a melhor relação custo-benefício.

A título de exemplo, pode-se notar que:

- Um conjunto de 2 lâmpadas fluorescentes de 32 Watts com reator eletrônico demanda 66 W, contra 100 W do conjunto de 2 lâmpadas de 40 W com reator eletromagnético, com o mesmo nível de iluminância. A diferença de custo entre esses conjuntos está em cerca de 20 reais, a um preço médio da eletricidade de R$0,20/kWh. Conclui-se que será necessário consumir 100 kWh para se pagar essa diferença, o que representa cerca de 3.000 horas de uso [100.000 Wh / (100 – 66)W]. Como a vida útil

dessas lâmpadas é de cerca de 8.000 horas, verifica-se sua viabilidade, principalmente, em ambientes que utilizam esse tipo de iluminação mais intensivamente.

- uma lâmpada a vapor de sódio a alta pressão de 70 Watts equivale ao iluminamento de uma lâmpada mista de 250 Watts ou de uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125 Watts.

Para cálculos mais precisos, deverão ser considerados: o estado de limpeza ou conservação das luminárias, o tipo do local, a altura das luminárias, o tipo e acabamento das luminárias, a cor das paredes e dos tetos, etc., que também influem no iluminamento.

Outras medidas

Além das possibilidades de utilização de lâmpadas mais eficientes, veja a seguir outras medidas importantes para a conservação de energia.

- Use lâmpadas adequadas para cada tipo de ambiente.
- Ligue a luz elétrica somente onde não existir iluminação natural suficiente para o desenvolvimento das atividades.
- Instrua os empregados a desligarem as lâmpadas de dependências desocupadas, salvo aquelas que contribuem para a segurança.
- Reduza a carga de iluminação nas áreas de circulação, garagem, depósitos, etc., observando sempre as medidas de segurança.
- Evite pintar os tetos e paredes com cores escuras, as quais exigem lâmpadas de maior potência para a iluminação do ambiente.
- Mantenha limpas as luminárias. A sujeira reduz o fluxo luminoso, exigindo maior número de lâmpadas acesas.
- Use luminárias abertas, para melhorar o nível de iluminamento.
- Verifique a possibilidade de instalar "timer" para controle da iluminação externa, letreiros e luminosos.
- Limpe regularmente as paredes, janelas, forros e pisos. Uma superfície limpa reflete melhor a luz, de modo que menos iluminação artificial se torna necessária.
- Instale interruptores, objetivando facilitar as operações liga/desliga, conforme a necessidade local, inclusive com a instalação de "timers".
- Utilize telhas transparentes para o aproveitamento da iluminação natural.
- Divida os circuitos de iluminação, de tal forma a utilizá-los sem prejudicar o conforto.
- Percorra os diversos setores da indústria, a fim de verificar se há luminárias desnecessárias ou com excesso de iluminação e
- Verifique se um reordenamento do lay-out do prédio ou da planta, sem afetar negativamente a pro-

dução, permite um melhor aproveitamento da luz natural ou posicionamento das luminárias.

A rotina pela qual são executadas as tarefas de limpeza e conservação influi no consumo de energia elétrica. Assim sendo, recomenda-se a adoção das seguintes providências:

- Fazer a limpeza, preferencialmente durante o dia, em cada setor.
- Iniciar a limpeza por um setor, mantendo todos os demais apagados, caso a mesma seja realizada após o encerramento do expediente.
- Programar o serviço de forma que o ambiente ou andar tenha a respectiva iluminação e outros equipamentos desligados imediatamente após a sua conclusão.

São muito significativos os ganhos, principalmente em rendimento e eficiência, quando se põe em prática um bom esquema de manutenção periódica dos sistemas de iluminação, substituindo ou retirando difusores em más condições, substituindo luminárias com baixo rendimento, usando reatores eficientes ou simplesmente limpando lâmpadas e luminárias.

7.4. Força motriz

A conversão de energia elétrica em energia mecânica representa uma grande parte do consumo de eletricidade nas unidades consumidoras, chegando-se, em alguns casos, a 80%. Daí a importância dos motores, que estão presentes em todos os segmentos do mercado de energia.

Os tipos de motores elétricos mais utilizados pelas indústrias são os trifásicos e os monofásicos de indução. Existem milhares desses motores em operação, com potências que variam de valores inferiores a 1 kW até centenas de kW.

A eficiência do conjunto máquina/motor depende, principalmente, do dimensionamento correto do motor para o tipo de acionamento a que é destinado; ou seja, a potência extraída pela carga deve estar próxima à potência nominal (de placa) do motor.

Isto se deve às características do motor, que é projetado para obter o melhor rendimento nas condições nominais de operação, o mesmo ocorrendo com o seu fator de potência.

O superdimensionamento de motores é fato comum, principalmente pelo desconhecimento das características da carga, obrigando os projetistas a utilizarem fatores de segurança elevados.

Outro fato que interfere na eficiência de um acionamento são as condições do acoplamento entre o motor e a carga. O desalinhamento, a falta de correias ou a má conservação contribuem, também,

para uma solicitação maior do motor e, conseqüentemente, para que esse, em alguns casos, opere acima da capacidade nominal.

As condições ambientais de temperatura, umidade e pó influenciam, também, de forma significativa, no desempenho e na vida útil dos motores. A umidade contribui para a aceleração do deterioramento de isolamento. A operação em temperaturas elevadas, no pior caso, leva à queima do motor.

Perdas em um motor de indução

As perdas podem ser subdivididas em:

- perdas no enrolamento, ou no cobre;
- perdas no ferro, ou em vazio;
- perdas mecânicas, referentes a atritos nos mancais e potência para ventilação; e
- perdas suplementares, decorrentes da distribuição não uniforme da corrente no enrolamento e das perdas adicionais no ferro.

Sob qualquer carga, o motor apresenta perdas fixas, como aquelas que ocorrem no ferro e aquelas decorrentes da ventilação e de atrito. Além das perdas fixas, há as perdas variáveis, com o carregamento do motor, como aquelas que ocorrem no cobre, que crescem com o quadrado da corrente de carga. Sendo assim, com pequenas cargas, em relação a sua potência nominal, o rendimento do motor é baixo, tendo em vista serem grandes as perdas fixas, em comparação com a potência fornecida.

Quando o carregamento do motor cresce, o rendimento se eleva, até alcançar o seu valor máximo, que ocorre quando as perdas em vazio e as perdas devido à corrente de carga se equivalem. Além desse ponto, as perdas no cobre se tornam elevadas em relação às perdas em vazio, fazendo com que o rendimento diminua.

O rendimento máximo de um motor varia com suas características construtivas, ou seja, com sua potência nominal e com sua velocidade de sincronismo.

Para os motores de indução trifásicos de até 100 kW encontrados no mercado, pode-se concluir que:

- o rendimento máximo é tanto mais elevado quanto maior for a potência nominal do motor;
- o rendimento máximo, para uma mesma potência, varia com o número de pólos dos motores;
- o rendimento máximo de um motor ocorre, comumente, quando a sua carga é superior a 75% de sua potência nominal;
- quando um motor opera com mais de 50% de sua potência nominal, o rendimento é muito próximo de seu rendimento máximo; e

- quando um motor opera com menos de 50% de sua potência, o seu rendimento cai acentuadamente.

Fator de potência de motores de indução

O motor de indução é um equipamento eletromagnético; portanto, para funcionar, necessita de uma corrente indutiva, que possibilita a sua magnetização.

Em vazio (sem carga), o fator de potência é muito baixo, apresentando valores da ordem de 0,1 a 0,15. Com a aplicação de carga no motor, o fator de potência cresce, atingindo o seu valor máximo a plena carga.

Em geral, quanto menor a velocidade do motor (maior número de pólos), menor o fator de potência. Para uma mesma velocidade de sincronismo, quanto maior a potência do motor, maior o seu fator de potência.

Correção do fator de potência de motores de indução

Mesmo a plena carga, o fator de potência é indutivo, não ultrapassando a 0,90 nos casos mais favoráveis. Sendo assim, sempre circulará pelos condutores alimentadores e transformadores uma parcela adicional à corrente ativa, provocando perdas ôhmicas adicionais. Dessa forma, é aconselhável, para minimizar as perdas de energia elétrica, fazer a correção do fator de potência dos motores, por meio da instalação de capacitores junto aos mesmos, para aqueles de potência nominais iguais ou superiores a 1 hp.

A forma tecnicamente mais adequada de correção do fator de potência de um motor é mediante a instalação de capacitores nos seus terminais.

Para casos em que o capacitor tenha de ser manobrado pela mesma chave do motor, a potência capacitiva (kvar) a ser instalada não deve exceder a potência solicitada pelo motor a vazio, a fim de evitar eventuais inconveniências de sobretensão após a abertura da chave.

Escolha de um motor de indução

Sob o ponto de vista da conservação de energia elétrica, o principal parâmetro a ser observado é a potência nominal do motor, que deve ser a adequada para o serviço a que se destina. Potências nominais muito superiores à realmente necessária resultam em desperdícios de energia, elevação da potência solicitada, redução do fator de potência da instalação elétrica da indústria e maiores perdas nas redes de distribuição de energia e nos transformadores.

Deve-se, sempre que possível, escolher o motor cujo carregamento seja no mínimo superior a 50%, dando àqueles com percentual superior a 75%.

Tensão de alimentação de um motor

Os motores elétricos são projetados para apresentar melhor desempenho em sua tensão nominal. Quando o motor opera em tensão inferior à nominal, ocorre acentuada redução do conjugado motor produzido, bem como aquecimento anormal nos enrolamentos, desperdiçando energia. De outro lado, tensão aplicada acima da nominal, além de prejudicar o funcionamento do motor, aumenta suas perdas, principalmente no ferro. Geralmente, os motores apresentam uma faixa de tensão considerada como ótima para a operação, a qual varia conforme o tipo de motor, sua potência, etc. Aconselha-se consultar o fabricante a respeito.

A tensão aplicada deve ser medida com o motor acionando a máquina a plena capacidade. Se ela estiver muito acima ou muito abaixo da tensão nominal, convém investigar a causa, criteriosamente.

Se a tensão estiver abaixo da tolerável, as causas podem ser decorrentes de quedas excessivas nos cabos alimentadores do motor ou de tensão de fornecimento da concessionária de energia elétrica abaixo do estabelecido pelas normas legais vigentes.

Para verificar a causa, mede-se a tensão na entrada de energia, mantendo-se as cargas ligadas. Se estiver dentro da faixa permitida, então a causa será a queda excessiva nos condutores de alimentação do motor. Pelas normas técnicas, a queda de tensão não pode ser superior a 4% no cabo alimentador e a 1% no circuito do motor que o liga ao seu quadro de distribuição. Se essa queda for superior aos limites mencionados, devem-se substituir os condutores por outros, de bitolas maiores, reforçá-los ou redistribuir os demais equipamentos ligados nesses condutores ou, ainda, elevar o fator de potência do motor, quando constatado que o mesmo está muito abaixo dos limites admissíveis, com a instalação de capacitores junto ao mesmo.

Caracterização das cargas acionadas

Segundo o tipo de serviço realizado, as máquinas acionadas por motores elétricos podem ser classificadas como:

- máquina de transporte de fluídos (bombas hidráulicas centrífugas, axiais, de pistão, compressores alternativos, ventiladores, etc.), cuja a potência pode ser determinada com bastante rigor, uma vez que as solicitações da carga são, normalmente, constantes. Na maioria desses casos, é possível obter-se

variações consideráveis do consumo de energia elétrica desses motores, utilizando-se "controladores de velocidade";

- máquina de transporte de materiais (correias e correntes transportadoras, elevadores, guindastes, pontes rolantes, etc), cujas as faixas de potência de atuação da máquina são um pouco mais amplas que no primeiro caso, mas que, ainda assim, podem ser determinadas com razoável precisão;
- máquinas para processamento de metais (tornos, frezas, retíficas, furadeiras, mandriladeiras, esmeril, centro integrado de fabricação, extrusora, laminador, prensa, etc), também conhecidas como "*máquinas ferramentas*". Neste caso, a potência de acionamento é normalmente especificada para a pior situação possível (material mais duro ou mais resistente), para evitar situações desagradáveis, tais como o travamento da máquina, com a conseqüente queima do motor. Assim, geralmente, estas máquinas operam com uma condição de carga bem abaixo da nominal;
- máquinas para processamento de não-metais (reatores químicos, máquinas diversas, trituradores, agitadores, injetores, extrusores, laminadoras, impressoras, prensas, máquinas de papel, etc.), nas quais podem ser aplicadas as mesmas observações feitas para o item "máquinas de transporte de materiais"; e
- outras máquinas não enquadradas nas categorias anteriores.

Manutenção de motores elétricos

É fundamental que se tenha um programa de manutenção sistemática nos motores. A prática da manutenção não deve simplesmente restringir-se à substituição e correção dos equipamentos avariados, mas, sim, propiciar melhores condições quanto às condições ambientais e de operação. Isto é possível com uma manutenção periódica, conforme o maior ou menor rigor da solicitação a que o motor é submetido, bem como do ambiente em que trabalham.

Os procedimentos normais de manutenção preventiva incluem inspeções e testes de itens relacionados às partes mecânicas e elétricas, tais como: verificação do estado de conservação e lubrificação dos rolamentos ou mancais; inspeção do acoplamento; e transmissão e pontos de fixação. No que tange à parte elétrica, podem ser incluídas verificações das conexões dos cabos de alimentação e aterramento, e medidas de resistências dos enrolamentos estatóricos, para identificar desequilíbrio entre fases e, se possível, medidas da resistência de isolamento.

A manutenção adequada de um motor elétrico e da máquina por ele acionada pode representar significativa economia de energia elétrica. É muito comum em uma empresa o acionamento de máquinas por motores elétricos em condições precárias de funcionamento, a pretexto de não prejudicar a produção ou por simples descaso. A manutenção e o reparo da máquina são, geralmente, feitos somente quando a produção permite ou quando as condições de funcionamento se tornam tão precá-

rias que impedem a sua operação. Tal procedimento, além de poder danificar a máquina, reduz sua vida útil e, geralmente, provoca grandes desperdícios de energia.

Esses desperdícios podem ser calculados por meio da comparação dos consumos anteriores e posteriores à realização do reparo ou manutenção.

O Programa de Gestão Energética exige a implantação e o cumprimento de um programa ótimo de manutenção corretiva e preventiva de todos os motores elétricos e das máquinas por eles acionadas.

Além da manutenção adequada, muitas máquinas podem ser modernizadas, em regra, com pequenos custos, resultando em menores necessidades de potência e, conseqüentemente, redução do consumo de energia elétrica. Em outros casos, compensa sustituir máquinas antigas e grandes consumidoras de energia elétrica por outras mais modernas, que requerem menor consumo para uma mesma produção.

Com manutenção e lubrificação convenientes, operação adequada e modernização da máquina, o motor que a aciona pode tornar-se superdimensionado, operando em faixas de potência que resultem em baixo rendimento energético e em baixo fator de potência. Para esses casos, é aconselhável a sua substituição por outro de potência nominal adequada às novas condições.

Variação de velocidade para reduzir o consumo de eletricidade

Para um determinado número de atividades industriais, o emprego de motores com velocidade variável é indispensável ao processo de fabricação.

Existe uma série de aplicações em que a adoção da velocidade variável proporciona economias sensíveis de energia. Esse é o caso das bombas, ventiladores, insufladores, compressores e outros. Estas máquinas requerem, de fato, uma regulagem contínua do ponto de funcionamento, em função de parâmetros do processo. Os métodos clássicos de regulagem consistem, geralmente, na introdução de perdas de carga suplementares na rede, por estrangulamento, utilização de pás com ângulo variável, etc. Estas são, portanto, soluções que provocam desperdício de energia.

Vários são os métodos utilizáveis para a variação de velocidade dos motores. Dentre eles, citam-se: introdução de resistências em série no coletor dos motores de corrente contínua; sistema Ward-Leonard; e variadores eletromagnéticos. Essas soluções apresentam como principal desvantagem o desperdício de energia decorrente do aumento das perdas dos motores.

Entre as alternativas mais eficientes, a solução convencional consiste em utilizar um motor de corrente contínua alimentado por um conversor estático. Esse tipo de conversor adapta-se bem a uma larga gama de potências. Sua tecnologia é simples e comprovada, apresentando boa flexibilidade e desempenho muito bom.

No entanto, as características do motor de corrente contínua são limitadas pela capacidade de comutação e pela resistência mecânica do coletor. Ainda, a existência de um contato elétrico deslizante pode se revelar incompatível com as exigências de segurança e manutenção. Por esses motivos, nos últimos anos, os equipamentos de velocidade variável para motores de corrente alternada tiveram um avanço considerável.

Para esses motores, é possível utilizar os inversores estáticos para corrente alternada, que apresentam rendimentos elevados para diversas condições de rotação do motor.

Os inversores estáticos são equipamentos que permitem variar a velocidade de motores trifásicos de indução a partir da variação da sua freqüência e da tensão de operação. A tensão e a freqüência são modificadas proporcionalmente, para que o torque seja mantido constante em toda a faixa de variação de velocidade. Como desvantagem principal desses sistemas pode-se citar o seu alto custo inicial. Mas para motores de potência razoável e de utilização intensa a economia de energia pode amortizar o investimento em prazos atraentes.

O Procel dispõe de um guia específico sobre os tipos de variadores de velocidade para acionamento de motores elétricos.

Motor de alto rendimento

Sob o ponto de vista das perdas, não é difícil caracterizar um motor de alto rendimento. As perdas básicas num motor de indução são:

- perdas joulicas no estator;
- perdas joulicas no rotor;
- perdas magnéticas no ferro;
- perdas mecânicas (atrito e ventilação); e
- perdas suplementares ou adicionais.

Para construir-se um motor de alto rendimento, é evidente a necessidade de reduzir suas perdas. Dessa forma, para cada tipo de perda existem formas específicas de reduzi-las. As perdas jóulicas no esta-

tor podem ser amenizadas pela redução da resistência ôhmica, ou seja, pelo aumento da seção de cobre dos condutores. As perdas jóulicas no rotor podem ser reduzidas por meio do aumento das gaiolas condutoras. A redução das perdas no ferro é conseguida pelo uso de aços de baixas perdas magnéticas, além da utilização de maior volume de material para a redução das densidades de fluxo magnético.

A diminuição das perdas mecânicas é obtida por meio da otimização dos ventiladores e da adequação dos rolamentos. As perdas suplementares, as mais imprevisíveis, são otimizadas mediante rigoroso controle de qualidade no processo e a otimização das ranhuras, do entreferro e dos enrolamentos, reduzindo assim as dispersões magnéticas.

Do ponto de vista conceitual, considera-se de alto rendimento todo aquele motor que apresenta rendimento maior que o motor padrão.

O Procel dispõe de um guia específico sobre motor elétrico de alto rendimento.

Economia de energia e retorno do investimento

A decisão da escolha entre motores mais caros com custo de operação mais baixo e motores mais baratos com maior consumo de energia deverá basear-se em critério puramente financeiro, retorno do capital e a disponibilidade de recursos e o custo do capital de terceiros. Obtidos os preços para os diferentes motores, restará determinar um dado crucial, que é a previsão da economia a ser obtida pelo uso de motores de alto rendimento em detrimento ao convencional. Ou seja, deve-se responder à pergunta: Que diferença em dinheiro pode-se esperar nos custos de energia com a aplicação de um e outro motor?

Infelizmente, não é muito simples determinar a pressão dessa economia quando se deseja obter valores bastante confiáveis, na medida em que tal procedimento envolve conhecimentos detalhados de como os motores são aplicados. Uma decisão baseada em análise apenas superficial das potências nominais instaladas, considerando as características dos motores, pode levar a resultados não esperados.

A seguir, demonstra-se o procedimento de cálculo da economia de energia, bem como o retorno de investimento. Considera-se como base para o cálculo um motor funcionando nas condições nominais e em regime contínuo, durante h horas por ano. Para o motor comum, o consumo anual de energia será:

$$E = h \times W = h \times P \times 0{,}735 / \eta \text{ (kWh)} \qquad (7.4)$$

onde:

h = horas de funcionamento por ano;

W = potência absorvida da rede, em kW;

P = potência nominal do motor, em cv;

E = energia consumida em h horas por ano.; e

η = rendimento do motor à potência nominal.

Analogamente, para o motor de alto rendimento, tem-se:

$E' = h \times W' = h \times P \times 0{,}735 / \eta'$

A economia anual de energia (e) por causa do uso do motor de alto rendimento é:

$$e = E' - E = 0{,}735 \times h \times P \times (1/\eta - 1/\eta') \qquad (7.5)$$

Considerando a tarifa comum da energia elétrica C em R$ / kWh e os preços K e K' dos motores padrões e de alto rendimento, respectivamente, o retorno do investimento é dado por:

$$\text{Retorno} = \frac{K - K' \ \text{anos}}{e \times C} \qquad (7.6)$$

Recomendações de economia energética:

- Os motores devem funcionar entre 75% e 90% de sua potência nominal.
- Se a máquina necessitar de duas ou três velocidades diferentes, pode-se utilizar um motor assíncrono com duas ou três velocidades.
- Adote, sempre que possível, os variadores eletrônicos de velocidade.
- Considere a utilização dos motores com perdas reduzidas.
- Evite utilizar motores superdimensionados. Se isto ocorre atualmente, quando acontecer uma queima, instale um novo motor com potência adequada e
- Desligue os motores das máquinas quando estas não estiverem operando por um tempo prolongado.

7.5 Ventilação e bombeamento

Bombas e ventiladores promovem o escoamento de um fluido por escoamento, recebendo trabalho mecânico do motor elétrico e transferindo essa energia mecânica ao fluido, sob forma de energia de pressão e cinética.

As principais grandezas envolvidas são: vazão (Q), medida em m^3/s, m^3/h ou l/s; altura manométrica (H), dada em m.c.a. (metros (ou mm.) de coluna d'água); rotação (N), dada em rpm ou rps; e potência (P), em W (ou kW).

As principais relações entre essas grandezas são (os índices 1 e 2 referem-se à situação anterior e à situação posterior, respectivamente):

$N2 / N1 = Q2 / Q1$ (7.7)

$(N2 / N1)_2 = H2 / H1$ (7.8)

$(N2 / N1)_3 = P2 / P1$ (7.9)

Como em boa parte dos usos a vazão varia conforme a demanda, a solução usualmente encontrada é o uso de válvulas e dampers para estrangular o fluxo e atender à demanda.

Nesses casos, recomenda-se o estudo da viabilidade de acionar os motores usando os inversores de freqüência, que atuam na velocidade de rotação do conjunto motor-bomba/ventilador.

Das fórmulas acima, verifica-se que, reduzindo a rotação e, conseqüentemente, a vazão em 10%, a nova potência será:

$P2 = P1 \times (N2 / N1)^3 = P1 \times (0{,}9 \times N1 / N1)^3 = 0{,}73\ P1$,

Isto é, reduz-se 27% da potência original.

Recomendações:

- Verifique se o conjunto motor-bomba ou motor-ventilador está adequado a sua necessidade.
- Elimine vazamentos em todo o sistema de fluido conectado à bomba.
- Elimine consumo indevido ou desnecessário no sistema.
- Realize manutenção periódica de filtros, conexões, etc.
- Ajuste as bombas conforme as curvas de desempenho.
- compatibilize a potência do motor elétrico com a capacidade da bomba, evitando a subutilização do motor, que ocasiona seu baixo fator de potência.
- minimize os acessórios da canalização, evitando válvulas de pé, curvas acentuadas, reduções e ampliações bruscas.
- dimensione corretamente o diâmetro da tubulação, pois a utilização de diâmetro abaixo do adequado acarreta maior custo com energia.

- use válvulas adequadas para o controle do fluxo de fluido.
- a fim de regular a vazão da bomba, use acionamento elétrico (inversor de freqüência) para controlar a velocidade do motor.
- evite a entrada de ar na tubulação de sucção da bomba.
- dependendo da forma como são instaladas as bombas, pode ocorrer altura demasiada de sucção, o que, além de diminuir o rendimento, provoca cavitação, reduzindo a vida útil do motor da bomba (para este caso, minimize a altura de sucção).
- evite instalar curvas de raio curto na tubulação.

7.6 Ar Comprimido

O ar comprimido é uma forma de energia de enorme utilidade, com inúmeras aplicações.

A obtenção de uma pressão de ar consideravelmente maior do que a pressão atmosférica, que também se designa por "*pressão barométrica*", realiza-se nos compressores de ar.

Os compressores, conforme o recurso empregado na transformação da energia mecânica em energia potencial de pressão e cinética do ar, podem ser classificados conforme ilustra a figura 7.5.

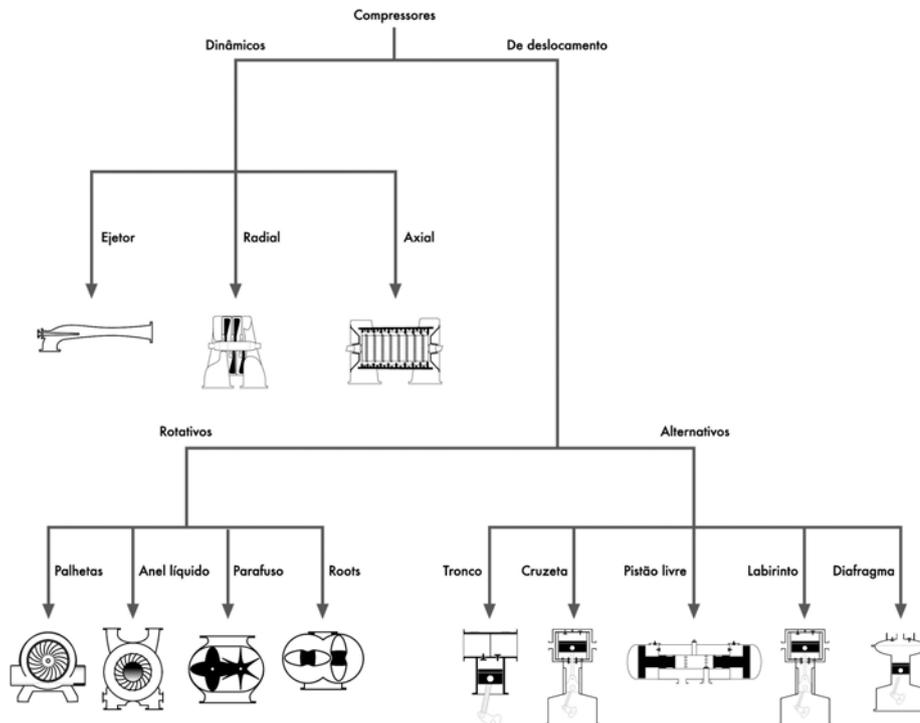



Figura 7.5: Tipos de compressores.

Fonte: CEMIG (14)

Instalação de ar comprimido

Uma instalação de ar comprimido compreende:

I - A casa de compressores. Serão considerados os seguintes elementos:

- reservatório de ar comprimido;
- resfriador intermediário (intercooler);
- resfriador posterior (aftercooler);
- separador de umidade condensada;
- purgador;
- silenciador;
- filtros;
- acessórios; e
- desumidificadores para secagem total do ar, no caso de certas aplicações industriais especiais.

Um compressor de dois estágios é aquele em que o ar, após ser comprimido em pistão ou câmara, segue para outro pistão/câmara, a fim de receber uma sobrecompressão, aumentando ainda mais sua pressão.

Um compressor de simples efeito é aquele em que apenas uma face do pistão realiza a compressão; isto é, enquanto um lado está comprimindo o outro está admitindo.

Intercooler (resfriador intermediário) e aftercooler (resfriador final) são dispositivos (trocadores de calor) responsáveis pelo resfriamento do ar proveniente do compressor, condensando-se assim parte da umidade presente do ar. Isto evita que grande quantidade de água vá aos equipamentos que usam este ar, o que reduziria a vida útil desses equipamentos.

II – A linha de distribuição de ar comprimido

Na linha de alimentação e distribuição de ar comprimido, temos a considerar:

- traçado da linha;
- dimensionamento do alimentador e dos ramais; e
- acessórios a instalar e sua localização (separadores de condensado, purgadores, filtros, reguladores de pressão, lubrificadores e válvulas).

Aplicações

Nas indústrias, o ar comprimido é empregado em máquinas operatrizes, motores pneumáticos, sistemas de comando, controle, regulagem e instrumentação de medição, e automatização de processos.

Os equipamentos que utilizam o ar comprimido podem ser classificados nos seguintes grupos:

a) Equipamentos a pressão de ar ou de "ação fechada". São utilizados em trabalhos submarinos, inflagem de câmaras de ar de veículos, embreagem e freios, transporte pneumático, fabricação do vidro e dos plásticos e comandos pneumáticos a distância.

b) Equipamentos a jato de ar ou de "ação livre" compreendem: resfriadores pneumáticos, disjuntores pneumáticos, ejetores e aspiradores industriais, veículos sobre colchão de ar, transporte pneumático de materiais pulverulentos ou fibrosos, jateamento de areia, pintura a pistola, metalização, projeção de revestimentos plásticos, pulverização de combustíveis nos queimadores de óleo e bicos de limpeza.

c) Equipamentos e máquinas de percussão. Marteletes a ar comprimido, martelos-pilões para forjadura, desbastadores, talhadeiras, punções pneumáticos, perfuratrizes de rocha, bate-estacas e vibradores.

d) Motores a ar comprimido. Podem ser: de pistões, de palhetas, de engrenagens.

e) Bombas de injeção de concreto

f) Máquinas ferramentas fixas e portáteis de toda sorte, empregadas em oficinas mecânicas como furadeiras, serras e parafusadeiras.

g) Automatização de operações industriais. Compreende: comando de válvulas, controle e medições.

h) Abertura e fechamento automático de portas.

A relação resumida e incompleta das aplicações de ar comprimido, como foi apresentada, mostra que entre as instalações técnicas industriais as de ar comprimido ocupam posição de relevo.

Uma das vantagens do emprego do ar comprimido é a possibilidade de ser "armazenado" e conduzido ao local de utilização sem necessitar isolamento contra perda de calor na condução. Além disso, não oferece riscos de incêndio e explosão, e seu emprego se faz de uma maneira flexível, compacta e potente.

Principais problemas em sistemas de ar comprimido

Os principais problemas em sistemas de ar comprimido que acarretam aumento de consumo de energia são:

a) Perda por vazamentos

Em instalações antigas e malconservadas, as perdas podem atingir de 25 a 30% da capacidade total do compressor, o que representa um desperdício enorme de energia.

Numa instalação industrial, as perdas podem ser reduzidas a menos de 5% da capacidade total se a instalação for executada corretamente e a manutenção for bem feita.

Grandes quantidades de ar escapam através dos furos de diâmetro relativamente pequenos, conforme mostra a tabela 7.7.

TABELA 7.7: PERDAS POR VAZAMENTO

DIÂMETRO DO FURO		ESCAPE DE AR NA PRESSÃO DE 6 kgf/cm^2 (85 LB/POL.2)		POTÊNCIA NECESSÁRIA À COMPRESSÃO PERDIDA	
mm	pol.	m^3/min	pés^3/min	cv	kW
1	3/64	0,06	2	0,4	0,3
3	1/8	0,6	21	4,2	3,1
5	3/16	1,6	57	11,2	8,3
10	3/8	6,3	220	44	33

Fonte: Adaptado de CEMIG

Vazamento admissível:

- pequenas instalações ==> até 5%
- instalações industriais ==> cerca de 5%
- estaleiros, siderúrgicas, usinas, pedreiras ==> até 10%
- forjarias, fundições com moldagem pneumática ==> até pouco acima de 10%

b) Localização do tubo de aspiração dentro da casa de máquina

Deve-se instalar a tomada de ar de aspiração em local mais fresco, onde o ambiente não estará aquecido. Tal procedimento proporcionará economia de energia elétrica, devido à elevação do rendimento desse conjunto.

Quanto mais baixa a temperatura do ar aspirado, menos energia o compressor gasta na compressão. Portanto, é importante evitar que o compressor aspire o ar do interior da casa de máquinas, cuja temperatura é sempre mais alta do que a do ar externo. Para tal, providencia-se uma chaminé de aspiração do ar externo. Também, deve-se prever uma chaminé para lançar o ar de arrefecimento do compressor para o exterior.

Ex. Temperatura do ambiente externo: 32°C
Temperatura do ar aspirado : 40°C
Possibilidade de economia : de 3,8% da potência do compressor.

c) Inexistência de filtro de aspiração de ar no compressor

A ausência deste componente compromete a vida útil do compressor, das máquinas, dos equipamentos e das ferramentas pneumáticas, devido às impurezas absorvidas juntamente com o ar.

d) Condição ruim da limpeza do filtro de aspiração de ar no compressor

O estado precário de limpeza dificulta a aspiração do compressor, elevando o consumo de energia elétrica.

e) Pressão de regulagem para desarme do compressor (no pressostato) acima da pressão máxima permitida pelo fabricante.

Essa ocorrência compromete a segurança tanto do equipamento como da própria empresa.

f) Transmissão do(s) conjunto(s) motor/compressor

Essa situação compromete o rendimento do conjunto.

g) Pressão de desarme do(s) compressor(es) acima ou abaixo da pressão máxima de trabalho requerida pelo(s) setor(es) que este equipamento atende

Deve-se regular o pressostato do compressor para uma pressão de 0,8 kg/cm^2 acima da maior pressão de utilização do ar comprimido, para evitar consumo extra de energia elétrica.

h) Inclinação inexistente ou parcial nas redes de distribuição de ar comprimido

A inclinação da linha no sentido do fluxo de ar deve ser de 0,5% a 1,0% (5 a 10 mm por metro de tubulação), para evitar que o condensado fique retido em trechos entre dois pontos de drenagem, com possibilidade de ser arrastado pelo ar em grandes quantidades. Isto pode provocar a redução da vida útil dos equipamentos e das ferramentas pneumáticas, levando a vazamentos nas válvulas e comprometimento da qualidade do produto.

i) Inexistência ou insuficiência de purgadores (pontos de drenagem) na rede de ar comprimido

Devem-se instalar os drenos de condensado sempre nos pontos baixos da tubulação, bem como nos locais onde houver mudança de elevação da linha. O condensado acumulado nas linhas causa corrosão no sistema de ar comprimido, gera vazamento nas válvulas e danifica os equipamentos e as ferramentas pneumáticas, reduzindo sua vida útil, além de elevar o consumo de energia elétrica.

j) Estado precário das conexões, junções e engates rápidos com índices elevados de vazamento de ar

Devem-se eliminar estes vazamentos, já que o compressor está trabalhando além do necessário para suprir desperdícios.

l) Traçado geral da instalação não definido adequadamente

Deve-se adequar o trajeto das tubulações, eliminando os trechos sinuosos (excesso de curvas) e os percursos desnecessários. Quanto menor o percurso da tubulação, mais econômica é a instalação, menor será a perda de carga e maior será a economia de energia.

m) Ramais secundários não acoplados à rede mestra de ar comprimido pela parte superior

Devem-se acoplá-las desta forma: utilizando-se de cotovelos contínuos com raio de pelo menos duas vezes o diâmetro da linha de serviço. Este procedimento elimina o risco de condensação de água em qualquer parte da rede.

7.7 Ar condicionado

O ar condicionado é necessário, principalmente, pelas seguintes razões:

- compensa o ganho de calor em ambientes, proveniente do calor solar; e
- compensa o ganho de calor em ambientes, proveniente da luz elétrica, em particular, ou outras fontes de calor interno.

Tais fatores acima podem causar desconforto em um ambiente por alta temperatura se as janelas permanecerem fechadas. Quando se abrem as janelas, tem-se moderada velocidade de ar, que causa incômodas correntes de ar, mormente nos andares superiores. Não se deve esquecer de que nos andares inferiores, quando se abrem as janelas, têm-se o ruído e o excesso de poeira, sobretudo em áreas urbanas ou industriais.

A ventilação mecânica proporciona um controlado e uniforme meio de distribuição de ar em locais onde os resultados obtidos com a abertura das janelas não são satisfatórios, mas as temperaturas internas serão função da época do ano (inverno e verão, principalmente), não havendo controle.

As especificações para um sistema de ar condicionado para conforto têm como finalidade prover um ambiente confortável para o homem durante todo o ano.

Um processo industrial ou científico somente poderá alcançar êxito se for executado em um ambiente que possua meios de controlar os valores de temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar, segundo limites fixos e bem definidos. Um desvio no valor destas variáveis poderá comprometer todo o processo.

Conceitos

Refrigeração. É o ramo da ciência que tem por finalidade, mediante um processo específico, reduzir e manter a temperatura de um espaço ou material abaixo da temperatura do meio que o circunda.

Ventilação. É o processo de fornecer ou remover o ar, por meios naturais ou mecânicos, para/ de um espaço.

Condicionamento de ar. É o processo de tratamento de ar, de modo a controlar, simultaneamente, a temperatura, a umidade a pureza e a distribuição, para atender às necessidades de um recinto.

A ABNT, por meio da NB-10/78, estabelece, em seu item 2 - Condições a serem estabelecidas para os recintos, o seguinte conceito para o condicionamento de ar.

"O Condicionamento de ar, qualquer que seja a finalidade a que se destina, implica, preliminarmente, a limitação entre valores preestabelecidos das grandezas, abaixo discriminadas, e representativos das condições que devem coexistir nos recintos, no período de tempo em que se considera a aplicação do processo:

- temperatura do ar no termômetro seco;
- umidade relativa do ar;
- movimentação do ar;
- grau de pureza do ar;
- nível de ruído admissível;
- porcentagem ou volume de renovação de ar".

Tipos de sistemas de ar condicionado:

- Sistema de ar condicionado de expansão direta com condensação a água (selfs);
- Sistema de ar condicionado de expansão direta com condensação a ar (splits);
- Equipamento compacto de ar condicionado tipo janela; e
- Sistema de ar condicionado (de água gelada) com condensação a água (chillers).

Principais problemas em sistemas de ar condicionado

Sistema tipo expansão direta – aparelho de janela

a) A temperatura média do ambiente está abaixo do valor recomendado, acarretando maior consumo de energia: o termostato do equipamento deve ser regulado para o valor recomendado

b) O evaporador e o condensador necessitam de limpeza

É necessário efetuar a limpeza periódica do evaporador e do condensador, pois a sujeira acumulada nas superfícies trocadoras de calor reduz a eficiência térmica, resultando em aumento do consumo de energia. Equipamentos trocadores de calor com acúmulo de sujeira podem ter seu desempenho afetado, resultando em perdas de rendimento global para o sistema de até 70% caso o equipamento não seja periodicamente limpo durante a sua vida útil.

c) Falta de filtros ou falta de limpeza de filtros

A falta desse componente, além de comprometer a qualidade do ar que circula no ambiente, reduz a eficiência do equipamento, pois permite o acúmulo de sujeira sobre nas superfícies trocadoras de calor do evaporador. Por isso, deve ser instalado filtro de ar, de acordo com as especificações do fabricante, e, caso necessário, efetuar a limpeza do ventilador e do evaporador.

d) O evaporador está com a saída de ar obstruída

A obstrução do ar de saída do evaporador acarreta desconforto em parte ou em todo o ambiente, além de reduzir o desempenho do equipamento, com o conseqüente aumento do consumo de energia elétrica. Por isso, a saída de ar do evaporador deve ser desobstruída, permitindo que o ar escoe livremente, tanto no insuflamento quanto no retorno.

e) Falta de termostato para a regulagem da temperatura, implicando o não atendimento da temperatura necessária nos ambientes supridos pelo aparelho.

Nos períodos de inverno e/ou moderados, quando a temperatura externa for inferior à temperatu ra interna de conforto, o botão seletor da ventilação deve ser ajustado para a posição de aberto, isto é, captando ar exterior. Essa regulagem, nestes períodos, reduzirá o consumo de energia e os custos de manutenção, devido à otimização do tempo de operação do compressor do aparelho existente no ambiente.

f) O condensador está recebendo insolação direta, isto é, não está protegido contra a radiação solar direta.

Essa situação resulta na elevação da temperatura de condensação do fluido frigorífico que circula pelo condensador, reduzindo o rendimento do equipamento e, conseqüentemente, aumentando o consumo de energia elétrica. Por isso, deve-se estudar a possibilidade de instalar proteção, isto é, algum artefato que proteja o condensador da radiação solar direta.

g) A janela do ambiente refrigerado não possui proteção (ou está sendo usada inadequadamente) contra a incidência de raios solares no ambiente.

É aconselhável instalar nessa janela persiana interna ou externa, de cor clara, ou outro dispositivo que evite a incidência direta de raios solares, no sentido de compor um conjunto com desempenho de pelo menos 50% (redução de carga térmica por insolação através do vidro em 50%). Se for o caso, deve-se reparar a proteção existente, caso ela não esteja cumprindo a sua função. Essa providência proporcionará uma redução considerável no consumo de energia referente à carga térmica por insolação direta pela janela, que pode ser evitada com a proteção acima recomendada.

OBS: Estudos em prédios comerciais com fachadas 50% em vidro, 50% em alvenaria (com 25 cm de espessura e sem isolamento) e orientação solar N, S, L e O indicam que a incidência solar direta nos vidros acrescenta, em termos de carga térmica, cerca de 38W por m^2 de janela sem proteção. Esse

valor corresponde a cerca de 52% de acréscimo na carga térmica do conjunto sem proteção, quando comparados a conjuntos com proteção eficiente e mesmo tipo de material.

h) Deficiência (ou falta) de vedação das portas, janelas e ao redor do aparelho, permitindo fugas de ar tratado e ou infiltração do ar exterior.

Embora os aparelhos de janela sejam os mais empregados, por apresentarem menor custo inicial, é conveniente estudar, ainda na fase de projeto, a viabilidade técnica e econômica de utilização de outros sistemas que apresentem menores custos operacionais, conforme demonstrado na tabela 7.8.

TABELA 7.8: COMPARATIVO ENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE APARELHOS CONDICIONADORES DE AR

TIPO DE SISTEMA	QUANT. APARE - LHOS	PERÍODO ANALI - SADO	VIDA UTIL (meses)	REPOSI- ÇÕES (meses)	INVESTI - MENTO (R$)	DESPESA COM		CUSTO TOTAL (R$)
						ENERGIA (R$)	MANUTEN- ÇÃO (R$)	
Aparelho de Janela	120	240	60	3	50.965,00	719.280,00	17.184,00	847.429,00
Split Sistem	60	240	84	2	90.664,00	727.920,00	51.501,00	870.085,00
Self a ar	12	240	120	1	95.492,00	741.120,00	32.188,00	868.800,00
Self a água	12	240	144	1	105.149,00	619.680,00	36.051,00	760.880,00
Chiller	1	240	240	-	103.539,00	515.760,00	45.063,00	664.362,00
Centrífuga	1	240	240	-	127.680,00	459.360,00	48.926,00	635.966,00

Fonte: CEMIG (3)

Observação: Como exemplo, os parâmetros foram definidos para um hotel de médio porte, com 120 apartamentos climatizados, considerando uma taxa de ocupação de 100% e carga térmica máxima de 100 TR.

PELÍCULAS

Película de controle da insolação/vidros especiais

Aplicável, principalmente, em edificações com fachadas dotadas de grandes áreas envidraçadas, a película de controle de insolação, produzida em poliéster e apropriada para instalação sobre os vidros, destina-se a minimizar a incidência da radiação solar nos ambientes internos. Dessa forma, pode obter ganhos consideráveis, pela redução significativa da carga térmica das edificações e pela conseqüente redução do consumo dos sistemas de ar condicionado.

A película de poliéster chega a barrar até 75% da radiação solar que incide sobre as áreas envidraçadas. Com sua presença, a contribuição da iluminação natural nos ambientes internos reduz em aproximadamente 30% o valor original. Portanto, a utilização de película requer uma análise conjunta dos ganhos a serem proporcionados nos sistemas de ar condicionado e da performance do sistema de iluminação artificial a ser obtida após sua aplicação, procedendo-se à avaliação dos ajustes eventualmente necessários.

Principalmente nas edificações de médio e grande portes dotadas de sistemas de condicionamento central, os investimentos iniciais decorrentes da aquisição e instalação dessa película retornam em prazos inferiores a um ano. Exemplo: com a aplicação da película no edifício sede da CEMIG, em Belo Horizonte, o retorno do investimento se deu em 4 meses e meio. Poderá ser estudada, também, na fase inicial do projeto das edificações, a possibilidade de utilização de vidros especiais. Esse tipo de vidro é dotado de elemento refletor incorporado capaz de bloquear grande parcela da radiação solar incidente sobre as fachadas.

É importante salientar que a alternativa natural às películas e vidros especiais, embora em detrimento da contribuição da iluminação exterior, consiste na utilização das persianas e/ ou cortinas em determinados períodos do dia nas faces ensolaradas das edificações ou na instalação de sistema de sombreamento do tipo brise-soleil.

7.8 Refrigeração

A utilização do frio no mundo moderno é de importância capital, principalmente para a conservação de alimentos e outros materiais.

Os níveis de abaixamento da temperatura do ar do ambiente informa se está ocorrendo conservação de materiais ou, simplesmente, a climatização de ambientes.

Normalmente, a potência de um equipamento que produz o frio é medida em relação ao calor que ele pode absorver:

kcal/h => quilocalorias por hora
Btu/h => British thermal unit por hora
TR => Tonelada de refrigeração
kW => Quilowatt

A relação entre as unidades é: 1 TR = 3024 kcal / h = 12000 BTU / h = 3,52 kW

Um esquema básico com os componentes principais é mostrado na figura 7.6.

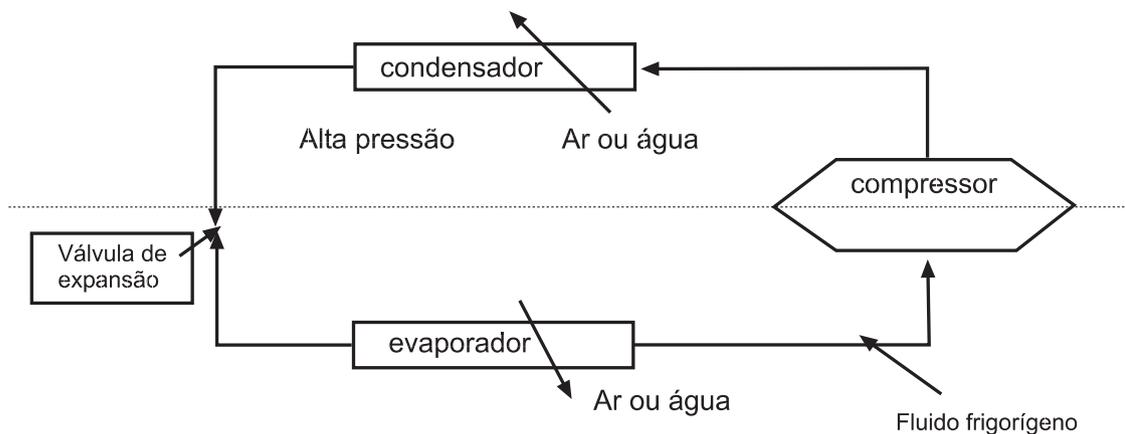



Figura 7.6: Componentes de um sistema de refrigeração

Elementos que compõem o sistema de geração de frio:

a) Fluido de trabalho: gás condensável especial, denominado "*fluido frigorígeno*" ou "*fluido frigorífico*" (freons, amônia), que é circulado por meios mecânicos pelos equipamentos.

b) Compressor: máquina que é acionada por motor elétrico, aspirando o fluido de trabalho na forma de gás e comprimindo-o, aumentando, portanto, no final, a pressão e a temperatura do gás.

c) Condensador: equipamento, denominado genericamente "*trocador de calor*", cuja função é propiciar a retirada do calor que o gás recebeu quando foi comprimido e, ainda, fazer com que ele se torne líquido. Este calor é cedido para um fluido mais frio que o gás, denominado "*fluido de resfriamento*". Normalmente, usa-se para tal finalidade o ar ou água e, às vezes, os dois juntos.

d) Válvula de expansão e controle: dispositivo pelo qual o líquido que saiu do condensador, ao passar, reduz sua pressão e temperatura (normalmente inferior a zero graus Celsius).

e) Evaporador: equipamento, denominado genericamente "*trocador de calor*", cuja função é absorver calor do ambiente que se quer refrigerar e ceder este calor ao fluido de trabalho frio, para que ele absorva o calor e retorne ao estado gasoso.

Antes de uma avaliação do desempenho de um ciclo de refrigeração, deve-se definir uma eficiência. Entretanto, o índice de desempenho não é denominado *eficiência*, porque esse termo é geralmente reservado para designar a razão entre a energia útil e a energia total fornecida ao sistema. Isso poderia levar a interpretações errôneas se aplicada a um sistema de refrigeração, uma vez que a energia que sai no processo de condensação é geralmente perdida. O conceito do índice de desempenho de um ciclo frigorífico é o mesmo que o de eficiência, no sentido que ele representa a razão:

Quantidade daquilo que se deseja/Quantidade do que se gasta

O desempenho em um ciclo frigorífico, denominado "coeficiente de eficácia", é definido como:

$$\text{Coeficiente de Eficácia} = \frac{\text{Refrigeração útil}}{\text{Trabalho líquido}} \qquad (7.10)$$

A refrigeração útil representa a quantidade de carga térmica retirada da câmara frigorífica. Pode-se restringir apenas à carga dos materiais que se quer resfriar, eliminando as cargas e perdas indesejáveis.

No trabalho líquido, podem-se considerar os consumos dos motores envolvidos no ciclo (compressores, bombas, torres de refrigeração e ventiladores.)

Torre de refrigeração para arrefecimento de água

Nos sistemas que utilizam a condensação a água, as torres de arrefecimento têm a finalidade de resfriar a água utilizada na condensação, evitando gastos no consumo e no tratamento da água. A água aquecida no condensador é bombeada para as torres, onde cede calor para o ar atmosférico circulado pelo ventilador, geralmente localizado na parte superior da torre.

A água quente produzida pela troca térmica no condensador é borrifada na torre em sentido descendente, ao passo que o ar é insuflado no sentido ascendente. Parte da água se evapora, retirando calor latente da massa de água restante. Assim, resfria-se a água, que é novamente utilizada na condensação do fluido refrigerante (condensador).

A figura 7.7 ilustra essa operação.

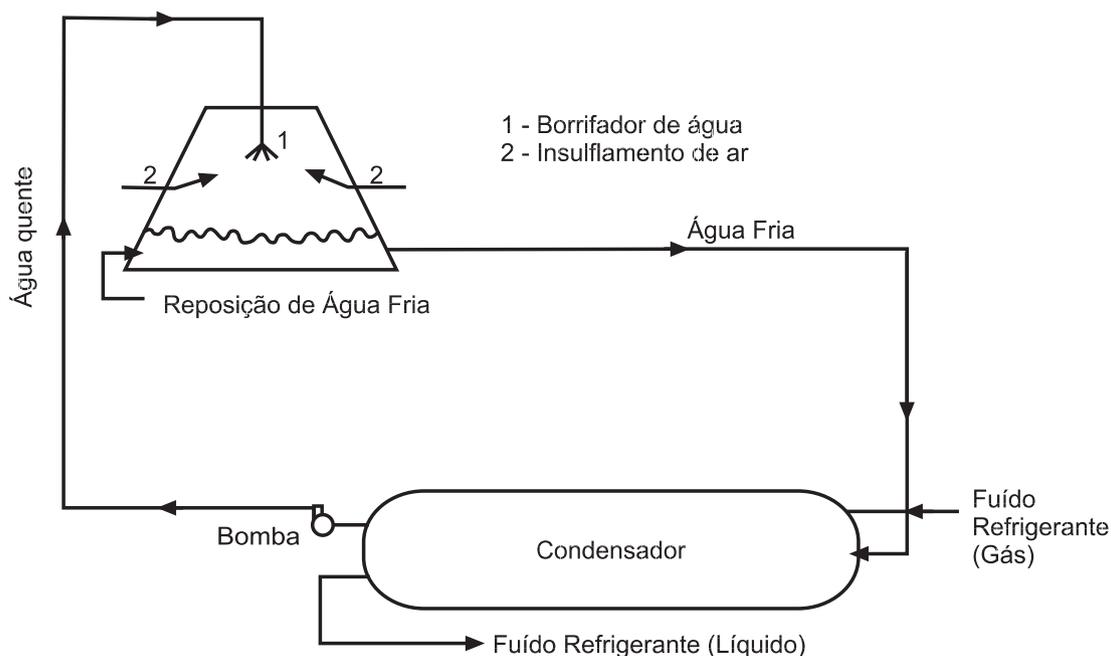



Figura 7.7: Ciclo de funcionamento do circuito de condensação a água.

Fonte: CEMIG (3)

Existem também condensadores resfriados a ar, como o condensador de um aparelho de ar-condicionado de janela.

Aplicações

Sistemas de refrigeração são encontrados em diversas situações em que é necessária a produção de frio, como:

- câmaras frigoríficas;
- caminhões frigoríficos;
- armazenamento e conservação de diversos produtos (sangue, alimentos, etc.); e
- produção de gelo.

Principais problemas em sistemas de refrigeração

A seguir, apresentam-se os problemas mais comuns observados em sistemas de refrigeração que podem levar ao aumento do consumo de energia. Devem ser sanados, de modo a minimizar as perdas térmicas e, por conseqüência, o consumo de energia elétrica.

- Formação (acúmulo) de gelo no evaporador e na tubulação atendidos por este equipamento.

Este problema pode ser causado por falta de isolamento das tubulações, pela desregulagem da válvula termostática ou pela ausência de forçador de ar no evaporador.

- Produtos armazenados de forma inadequada, prejudicando a circulação de ar frio no ambiente refrigerado.
- Temperaturas abaixo do que é recomendado para os produtos armazenados.

Deve-se ajustar a temperatura aos valores recomendados, já que neste caso a central de refrigeração está utilizando potência além da necessária para resfriamento excedente, o que implica consumos desnecessários de energia elétrica.

- Espaço refrigerado situado próximo a fontes de calor ou em local de incidência de raios solares.

Deve-se procurar, quando possível, corrigir este problema, pois a incidência de calor sobre os compartimentos refrigerados eleva a carga térmica e o consumo de energia elétrica.

- Uso indevido de lâmpadas incandescentes em espaços refrigerados com temperatura igual ou maior que 5°C.

Devem-se utilizar, sempre que possível, lâmpadas fluorescentes adequadas para partidas nas temperaturas internas de cada ambiente refrigerado. Este tipo de lâmpada, além de irradiar menor quantidade de calor para o meio, possui maior eficiência luminosa do que as lâmpadas incandescentes.

- O estado de vedação do espaço refrigerado é precário.

Devem-se verificar as condições das portas e das cortinas de ar ou de borracha, para que não haja perda de frio para o meio externo.

- Inexistência de termostato no interior de espaço refrigerado.

Deve-se utilizar esse instrumento de controle para possibilitar o desligamento do compressor quando o ambiente refrigerado atinge a temperatura predeterminada, evitando o funcionamento por tempo desnecessário.

- O evaporador instalado no espaço refrigerado está com falta de forçador de ar.

Esse equipamento é responsável pela circulação do frio no meio ambiente refrigerado, sendo que sua ausência gera formação de gelo no evaporador.

- Ausência de automatização das portas para o comando da iluminação interna, que deve ser desligado automaticamente com o fechamento da porta.
- Condensador pertencente ao conjunto frigorífico próximo à fonte de calor.
- Falta de limpeza no condensador. A presença de impurezas prejudica sensivelmente a eficiência do condensador.
- Falta de colarinho de proteção em torno da hélice do condensador.

Deve-se instalar esse dispositivo, que, além de proteger a hélice, é o principal responsável pelo correto direcionamento do ar através do condensador, elevando sua eficiência térmica.

- Hélice do condensador descentralizada em relação à área responsável pela troca térmica.

Deve-se corrigir esse problema, que provoca o direcionamento de ar para as laterais do condensador, diminuindo sua eficiência térmica.

- O condensador instalado em local obstruído dificulta a circulação de ar através da área responsável pela troca.
- Conjunto motor/compressor não alinhado e/ou bem fixado à base.

Essa situação, além de provocar danos ao equipamento, reduz a eficiência da transmissão motor/compressor

- Vazamento de óleo no compressor.

Ocorre na gaxeta do eixo ou no cabeçote do compressor. É normalmente acompanhado de fluído refrigerante, fato que reduz a eficiência térmica e a vida útil do compressor.

- Compressor instalado em nível superior ao do evaporador que atende, dificultando o retorno do óleo lubrificante ao cárter, provocando também seu acúmulo no evaporador e tubulação.

Deve-se corrigir esse problema na primeira oportunidade, pois essa situação, além de reduzir a vida útil do compressor, provoca perda de energia.

- Ausência de separador de óleo na saída do compressor.

A ausência desse acessório de linha permite a passagem do óleo do cárter para a instalação, comprometendo a eficiência do sistema de refrigeração, além de gerar alto risco de fundir o compressor.

- Perda de carga no condensador acima dos padrões aceitáveis para este tipo de equipamento.

Esse fato tem como inconveniente a queda da vazão da água de condensação, reduzindo a eficiência térmica do conjunto.

- Ausência ou mau funcionamento de manômetro(s) na entrada e/ou na saída do condensador.

Deve-se instalar esse instrumento em seu sistema, para obter a pressão diferencial do condensador, a fim de verificar se a perda de carga desse equipamento está dentro dos valores determinados pelo fabricante.

- Sistema de resfriamento da água de condensação sem intertravamento (desligamento automático) entre a(s) torre(s) de resfriamento, a(s) bomba(s) de circulação de água e o(s) compressor(es) de refrigeração.

Deve-se estudar a possibilidade de efetuar o intertravamento, que, além de proteger os componentes do sistema, reduz o risco de quebra de compressores e contribui, em muito, para a redução do consumo de energia elétrica.

- Ausência de termostato na torre de resfriamento, para controlar o funcionamento do ventilador.

Deve-se instalar esse acessório na bacia da torre, para que seja possível o desligamento do motor do ventilador quando a água de saída da torre atingir a temperatura determinada pelo projeto, economizando, assim, energia elétrica.

Deve-se lembrar, ainda, que a ausência do termostato, além de provocar o não funcionamento do sistema nos níveis recomendados, acarreta maior consumo de água de reposição e, por conseqüência, maior consumo de produtos químicos para o tratamento da água de condensação.

- Existência de obstrução da passagem de ar atmosférico através das aletas da torre de resfriamento de água de condensação, reduzindo sua capacidade de resfriamento.

Devem-se executar a limpeza e a desobstrução desse equipamento, evitando o comprometimento das trocas térmicas entre água e ar.

- Falta de tratamento químico da água de condensação na freqüência recomendada pelo fabricante do equipamento.

Quando o tratamento é feito de forma inadequada (ou não é feito), poderá ocorrer a formação de incrustações nos tubos, provocando a redução no rendimento dos equipamentos, devido à dificuldade de realização das trocas térmicas. Este fato também reduz a vida útil dos equipamentos.

Devem-se efetuar o tratamento químico periódico das superfícies trocadoras de calor, o varetamento dos condensadores, a limpeza da(s) bacia(s) da(s) torre(s) de resfriamento e a manutenção do nível ideal de PH, em todo o sistema.

- Existência de vazamento de água no circuito hidráulico do sistema de condensação, o que acarreta maior consumo de água e de produtos químicos para seu tratamento, além de provocar aumento imediato na temperatura de saída de água do condensador. Deve-se lembrar que a vazão de água para a reposição nesse tipo de sistema nunca deve ser superior a 20% do total de água necessária à condensação.

Termoacumulação

É um sistema de produção e acumulação de gelo ou água gelada em tanques, usado em sistemas de ar condicionado.

Para que serve?

- redução do tamanho do compressor e, conseqüentemente, do custo inicial do equipamento;
- deslocamento de carga para fora do horário de ponta do sistema;
- redução da potência instalada, proporcionando novo contrato de energia; e
- aproveitamento das diferentes modalidades de tarifa para reduzir o custo da energia.

Sistemas existentes (vantagens e desvantagens)

O elemento de acumulação térmica é a água, seja na sua forma líquida ou de gelo, ambas apresentando vantagens e desvantagens, listadas na tabela 7.9.

TABELA 7.9: COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE TERMOACUMULAÇÃO

SISTEMAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Água	Produção de água gelada a uma temperatura de evaporação mais alta, gastando menos energia. Utilização de um sistema convencional, omo os chillers. O funcionamento simultâneo do chiller e do armazenamento é facilitado. É possível combinar o reservatório de água gelada com o reservatório para o combate a incêndio.	Necessidade de grande espaço para a colocação dos tanques. Grande volume de água no circuito. Dificuldade em evitar a mistura de água quente com a água fria.
Gelo	Redução do tamanho do acumulador. Produção de água gelada a temperaturas muito mais baixas. Vazão de água gelada menor. Menor vazão de ar.	Requer equipamento de refrigeração especial.

Aplicações

A termoacumulação é uma técnica bastante antiga e muito conhecida. Não apresenta muitas novidades tecnológicas. No passado, quando não havia crise de energia elétrica, a sua aplicação destinava-se apenas a casos de cargas relativamente grandes, de pequena duração, muito espaçadas no tempo. Mas a termoacumulação também se aplica quando a questão é segurança (em CPDs, por exemplo, para garantir duas ou mais horas de funcionamento em caso de falta de energia).

Hoje, a preferência para um sistema de termoacumulação são os sistemas que têm cargas altas nas horas de ponta, ou seja: os que têm um incentivo grande para deslocar estas cargas para as horas fora de ponta, onde as tarifas são menores.

Um bom exemplo disso são os shopping centers, que funcionam a plena carga depois das 17 horas (horário de ponta). Os edifícios de escritórios que possuem fator de carga baixo e que disponham de 12 horas para acumulação também são bons candidatos.

Estratégias de utilização

Produzir gelo ou água gelada para toda a carga térmica do sistema nos horários em que os locais não estão ocupados (fora do horário de ponta).

Isto, porém, não é econômico, pois exige um investimento inicial muito alto em equipamentos de refrigeração e não há condições de amortizar este investimento simplesmente com a economia de demanda.

Instalar um sistema de termoacumulação parcial (mais viável) utilizando o equipamento para acumular frio durante a noite e liberando a energia acumulada para completar a carga durante o dia. O objetivo é cortar as pontas de demanda, sem tentar suprir toda a carga pelo sistema de acumulação.

Os sistemas de termoacumulação têm seus méritos, mas devem ser avaliados detalhadamente. Para saber se é econômico e adequado ao seu caso, deve-se fazer um estudo mais apurado de vários fatores, tais como:

- perfil de carga do sistema;
- alternativas de investimento ou sistemas convencionais mais eficientes;
- consumo de energia do local; e
- tarifas de energia.

7.9 Aquecimento

CALDEIRA, OU GERADOR DE VAPOR D'ÁGUA

As caldeiras, ou geradores de vapor, são trocadores de calor complexos, que têm por objetivo transferir o calor obtido na câmara de combustão ou fornalha, por meio da queima de um combustível fóssil, geralmente óleo combustível, para a água que circula no interior dos tubos.

No tipo de gerador de vapor denominado "*aquotubular*", a água que será vaporizada circula pelo interior de tubos, que, por sua vez, recebe o calor a ser transferido pela face externa. Estes geradores são utilizados na geração de vapor superaquecido, próprio para o acionamento de turbinas a vapor nas centrais termoelétricas.

No tipo de gerador de vapor dito "flamotubular", mais comum nas indústrias, a água a vaporizar circula por fora dos tubos que recebem calor dos gases que circulam no seu interior, e o vapor produzido é contido pelo casco.

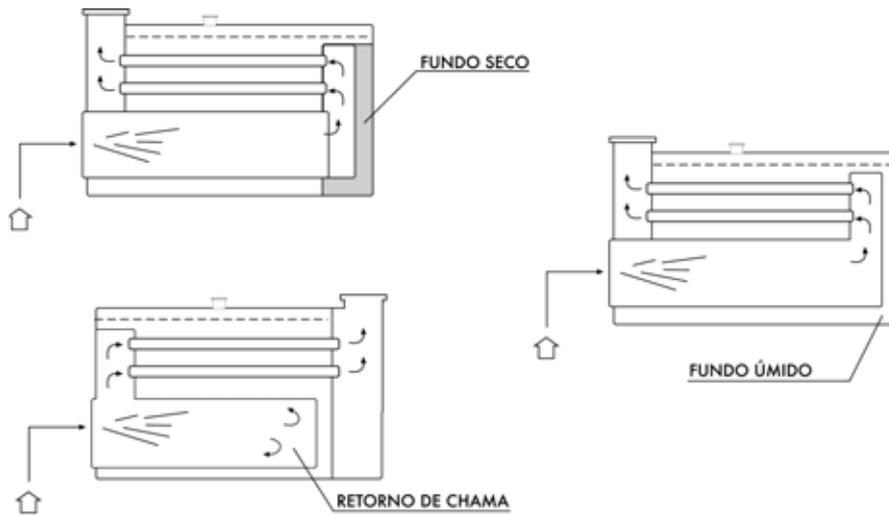



Figura 7.8: Caldeiras flamotubulares

Economia de energia térmica na geração de vapor

a) Redução da temperatura dos gases de combustão que saem pela chaminé

Se os gases provenientes da combustão, ao deixarem os tubos da caldeira, estiverem muito quentes, significa que cederam pouco calor à água. Isso causa a queda da eficiência térmica do equipamento.

Essa temperatura deverá ficar normalmente entre 200 a 250°C.

b) Adequação da quantidade de ar para a efetivação da combustão

A combustão é um fenômeno termoquímico que necessita do oxigênio do ar para ser realizado. Existe uma determinada quantidade de ar que depende do tipo de combustível e da fornalha. Denomina-se "*quantidade de ar ideal*".

Quando existe ar em excesso na câmara de combustão, muito além da quantidade ideal, acontecerá uma redução muito grande na temperatura da combustão, o que leva a uma baixa eficiência de combustão.

Neste caso, a cor da fumaça na chaminé apresenta-se entre o cinza e o marrom.

Quando a quantidade de ar estiver muito abaixo da quantidade ideal, acontecerá uma combustão parcial do combustível, com o aparecimento de gases tóxicos, como o CO, fuligem em excesso e uma baixa eficiência de combustão. Neste caso, a cor da fumaça é ainda mais escura, tendendo para o negro de fumo. Esta quantidade de ar é medida por um coeficiente, denominado "*coeficiente de excesso de ar*".

Para se determinar este coeficiente, deve ser feita uma análise dos gases efluentes na chaminé, com um aparelho adequado, denominado "*analisador de ORSAT*", ou outro que realize as mesmas funções.

A quantidade de ar correta fornece uma fumaça quase incolor na chaminé.

c) Temperaturas muito altas no costado e nas paredes da câmara de combustão

Se o costado do casco que envolve o gerador de vapor apresentar temperaturas muito altas, ou seja, maiores que 50°C, percebe-se que ele está emitindo calor para o ar do ambiente e perdendo muito calor de combustão. Neste caso, o isolamento térmico do casco deverá ser inspecionado, reparado ou até trocado.

As paredes envoltórias da câmara de combustão, embora possam estar mais quentes, não deverão apresentar temperaturas superficiais maiores que 70°C. Caso isto ocorra, os refratários e o isolamento deverão ser verificados, reparados ou até trocados.

d) Formação de películas sólidas sobre as superfícies ou no interior dos tubos das caldeiras

Para que não sejam formados depósitos de sais minerais sobre ou no interior dos tubos, fato que dificulta a troca de calor entre gases quentes da combustão e a água a vaporizar, deve-se prever um tratamento eficiente da água de alimentação.

e) Redução do tempo e ciclos de descarga de fundo

Para eliminar as sujeiras depositadas no fundo das caldeiras, efetua-se a "descarga de fundo". Como o próprio nome indica, uma válvula situada no fundo do tambor ou carcaça da caldeira é aberta de tempos em tempos para que a sujeira depositada saia e vá para o esgoto.

Embora seja uma operação necessária, deverá ser reduzida ao mínimo possível, pois significa vapor jogado fora.

Economia de energia térmica na distribuição de vapor

A rede de vapor é um sistema de tubos devidamente isolados que conduzem o vapor para os pontos de consumo.

a) Pela temperatura superficial do isolamento, pode-se verificar o estado do isolamento térmico: temperaturas superficiais maiores que 50°C indicam perda de calor excessiva pelo isolamento.

b) Temperatura da água de alimentação do gerador menor que 70°C.

Revela a não existência ou deficiência da rede de retorno do condensado.

O vapor d'água, quando cede o seu calor de formação, retorna ao estado de água líquida quente, denominada de "condensado" (90°C). Se esse condensado não for retornado para ser misturado com a água de alimentação da caldeira, o consumo de combustível será superior ao necessário.

Um aumento de cada 5°C na água de alimentação do gerador de vapor corresponderá a um aumento de 1% na eficiência.

c) Verificação de vazamentos de vapor

Todo vazamento de vapor deve ser eliminado, pois significa o desperdício do combustível consumido na geração do vapor.

d) Existência de purgadores nas linhas de distribuição de vapor

À medida que circula pelas linhas até chegar aos pontos de consumo, o vapor vai perdendo energia térmica, a ponto de formar "condensado" dentro das linhas.

Como o condensado é mais frio do que o vapor, muita formação de condensado favorece um abaixamento da temperatura do vapor, formando mais condensado, ou seja, desperdício de combustível.

Portanto, deve-se prever a retirada do condensado da linha de vapor logo que ele se forma. Para tal, utilizam-se, em posições estratégicas da linha, os "purgadores" de condensado.

Outras recomendações para caldeiras

- Regule a pressão de vapor da caldeira de acordo com as necessidades de temperatura das fontes consumidoras.
- Reduza o tempo de aquecimento das fontes consumidoras de calor.
- Limpe os tubos de fogo da caldeira para melhorar a troca térmica.
- Faça o tratamento da água de alimentação da caldeira, para evitar incrustação ao redor dos tubos de fogo, piorando a troca térmica.
- Instale equipamentos misturadores capazes de promover a regulagem de temperatura das fontes consumidoras de calor.
- Utilize calor residual para fazer pré-aquecimento de água ou combustível.

COGERAÇÃO

Cogeração é a produção simultânea de potência mecânica ou elétrica e calor útil a partir de uma única fonte de calor.

A produção combinada de energia elétrica e de calor útil pode ser realizada com o emprego de motores de combustão interna e turbinas a vapor ou a gás, pois em todos eles existe, necessariamente, a rejeição de calor não convertido em potência de eixo, que pode então ser utilizado para atender a uma demanda térmica em nível de temperatura compatível com as disponibilidades.

De acordo com a posição relativa da geração de energia elétrica na seqüência de geração e utilização de calor, os sistemas de cogeração podem ser de dois tipos: geração elétrica a montante (*topping*), quando a produção de eletricidade antecede o fornecimento de calor útil; ou geração elétrica a jusante (*bottoming*), quando a geração elétrica está situada após a demanda térmica. A terminologia em inglês é de uso corrente nestes casos.

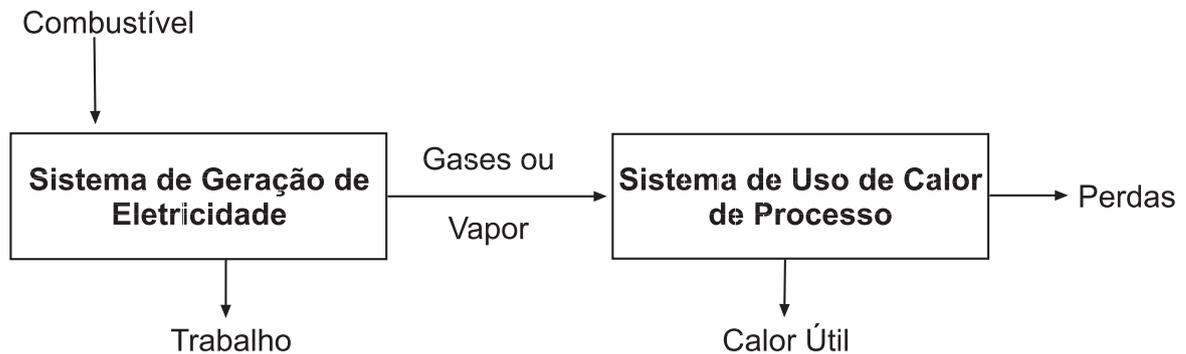



Figura 7.9: Ciclo de cogeração tipo geração elétrica a montante (topping)

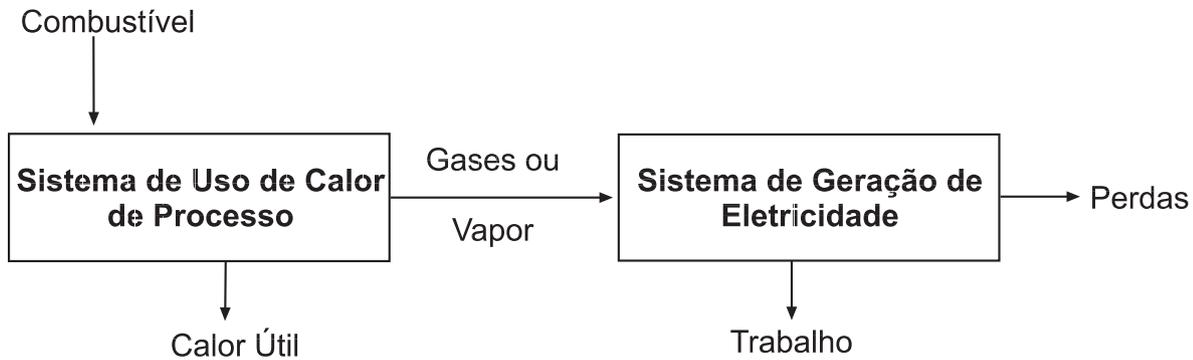



Figura 7.10: Ciclo de cogeração tipo geração elétrica a jusante (bottoming)

Os sistemas de cogeração do tipo bottoming são de emprego mais restrito, em geral porque o calor rejeitado em processos industriais já está em níveis de temperatura relativamente baixos para a produção de potência, sendo utilizado quando se dispõe de calor sob elevadas temperaturas, como nos fornos cerâmicos, indústrias cimenteiras ou plantas metalúrgicas onde são rejeitados gases em altas temperaturas.

A utilização de calor nas indústrias é freqüente, em sua grande parte sob níveis não muito altos de temperatura, ao redor de 150 a 200ºC, níveis de temperaturas típicas para os processos de secagem, cozimento, evaporação, etc. Porém, para a produção desta energia térmica são, geralmente, empregados combustíveis, cujas chamas estão entre 1400 e 1800ºC. Assim, o processo convencional de produção e utilização de calor em indústrias parte de uma energia térmica de alta qualidade para fornecer uma energia de baixa qualidade.

A cogeração não é uma tecnologia nova. Tem sido utilizada em muitas unidades industriais como um meio econômico de fornecer, parcial ou totalmente, suas necessidades térmicas e elétricas. Contudo, foi apenas nos últimos anos que ganhou expressivo impulso.

Sistemas de cogeração

a) Cogeração com turbinas a gás

Os elementos fundamentais que constituem uma turbina a gás são: compressor, câmara de combustão e turbina propriamente dita. Em seu funcionamento, o ar é aspirado da atmosfera e comprimido, passando para a câmara de combustão, onde se mistura com o combustível. Nesta câmara ocorre a reação de combustão, produzindo gases quentes, que escoam através da turbina, onde se expandem, movendo rodas com palhetas e produzindo potência mecânica para acionar o eixo do compressor e da carga, freqüentemente um gerador elétrico. Vale lembrar que, como os produtos de combustão atravessam a turbina, isto é, mantêm contato direto com as palhetas, os combustíveis utilizados devem ser de qualidade, como é o caso do gás natural e dos derivados claros de petróleo.

Os gases de escape da turbina podem ser aproveitados diretamente para processos térmicos ou, de modo indireto, na produção de vapor ou água quente, utilizando uma caldeira de recuperação ou os gases como comburente nos queimadores de caldeiras convencionais. A temperatura destes gases situa-se geralmente entre 420 e 650°C, com um conteúdo de oxigênio entre 14 e 17% em volume.

O calor de escape é freqüentemente utilizado para a produção de vapor, um vetor energético de amplo uso na indústria. Para sua produção, é possível empregar caldeiras de recuperação ou modificar caldeiras convencionais. Entretanto, neste último caso pode ocorrer uma sensível diminuição no rendimento global da instalação.

b) Cogeração com motores alternativos

Os motores de combustão interna, de ignição por centelha (Otto) ou de ignição por compressão (diesel) também são utilizados em sistemas de cogeração. O rendimento térmico obtido com estes motores pode ser similar ao obtido com as turbinas a gás ou com turbinas a vapor. A desvantagem está na maior dificuldade para a recuperação do calor, limitado às baixas temperaturas.

Existem disponíveis no mercado diversos grupos geradores de pequena e de média potência, já incorporando os trocadores de calor e os sistemas de controle e de redução de ruídos, para instalação rápida, em espaços reduzidos. O calor recuperável nos motores de combustão interna, a partir da água de refrigeração, óleo de lubrificação e os gases de escape, é de cerca de 1 kWh por kWh elétrico gerado.

c) Cogeração com turbinas a vapor

Neste caso, o acionamento da turbina se produz pela expansão do vapor de alta pressão procedente de uma caldeira convencional. Embora a energia mecânica gerada receba as mesmas aplicações que no caso da turbina a gás, o vapor de baixa ou de média pressão rejeitado pelas turbinas poderá ser aproveitado em um processo industrial quando o mesmo necessitar de vapor ou energia térmica a um nível relativamente baixo de temperatura, geralmente inferior a 200ºC.

A turbina de vapor, como elemento motor, é mais simples que a turbina de gás, embora quando se consideram os restantes elementos necessários para realizar o ciclo (caldeira, trocadores de calor, bombas, condensador, desaeradores, etc.) a instalação é, sem dúvida, mais pesada e complexa. De outro lado, é uma tecnologia mais conhecida e bem dominada, com muitos fabricantes de equipamentos, particularmente na faixa de potência dos sistemas de cogeração.

Ainda que os fabricantes procurem reduzir seus custos por meio da padronização das unidades,

existe uma ampla variedade de tipos e modelos de turbinas a vapor, cada qual mais adequado a uma aplicação específica, com diversas opções quanto a número de estágios, sistema de controle e tecnologia de materiais e de fabricação.

A figura 7.11 sintetiza as três formas de cogeração apresentadas.

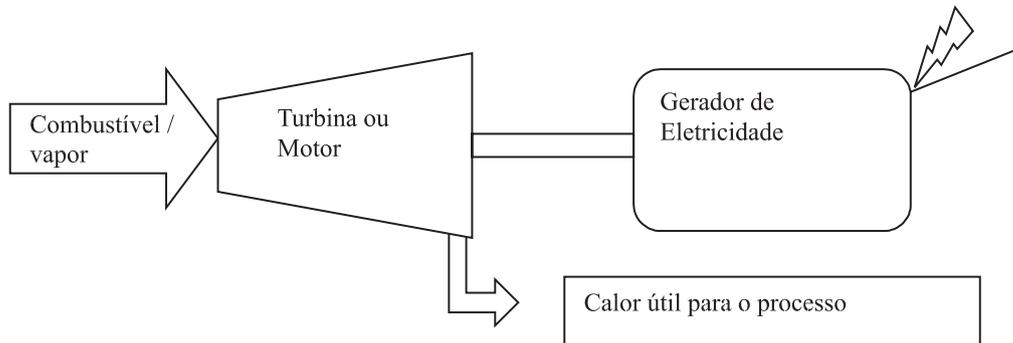



Figura 7.11: Cogeração – esquema geral

Aplicações

Aplicações em setores químicos, refinarias de petróleo, siderúrgicas, indústrias de papel e celulose, setor sucroalcooleiro, indústrias de alimentos, além de hospitais, centros comerciais, complexos de escritórios, entre outros, têm demonstrado a potencialidade da cogeração para fornecer, simultaneamente, formas diferentes de energia úteis.

A cogeração passou a ser encarada novamente como uma importante alternativa energética, devido ao aumento dos preços dos combustíveis e da energia elétrica, e à valorização da eficiência energética. Contribuíram para isso: o desenvolvimento tecnológico de turbinas a gás e motores, com capacidade e desempenho compatíveis às necessidades de consumidores industriais e comerciais; a maior disponibilidade de gás natural na matriz energética brasileira, em diversas regiões, especialmente na Sudeste, com a implantação do gasoduto Brasil-Bolívia; e à existência de incentivos no uso deste combustível para cogeração. Também, a intensificação das pressões por processos de conversão energética sustentáveis e com menores emissões de CO_2, para atenuar os impactos de caráter global, como o efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, a chuva ácida e a poluição nas grandes cidades.

FORNOS INDUSTRIAIS

Instalações cujas finalidades são o aquecimento e, até, a fusão de materiais.

A fonte de energia que fornece o calor para os fornos é de duas origens: elétrica e de combustíveis fósseis (gás e óleo combustível).

O rendimento térmico de um forno é dado por: energia absorvida pelo material no tempo dividida pela energia consumida (térmica ou elétrica) pela instalação no tempo.

FORNOS ELÉTRICOS

Os principais tipos de fornos elétricos são: a resistência elétrica, de indução eletromagnética e a arco elétrico.

a) Fornos a resistência elétrica

São, geralmente, classificados em: por aquecimento direto e por aquecimento indireto.

Os de aquecimento direto são aqueles em que a corrente elétrica circula pelo próprio material a ser aquecido.

Os de aquecimento indireto possuem no seu interior os elementos resistivos, que, por efeito Joule, cedem calor ao ambiente do forno e ao material a ser processado.

A parte interna do forno possui materiais refratários e isolantes térmicos, que reduzem as perdas térmicas.

As características técnicas básicas desses fornos são as seguintes:

Rendimentos típicos:

- fusão de metais sem recirculação forçada da atmosfera do forno: 40 a 60%;
- fusão de metais com recirculação forçada da atmosfera do forno: 65 a 75%;
- tratamento térmico: 60 a 70%;
- capacidade de Carga: 34 a 1500 kg; e
- potência: 3 a 300 kW.

b) Fornos de indução eletromagnética

Os fornos de indução se baseiam no princípio de que uma corrente alternada circulando por um condutor gera um campo magnético também alternado em volta do condutor.

Este campo poderá então ser utilizado para induzir corrente elétrica no material a ser processado (carga), aquecendo-o, por efeito Joule.

Há dois tipos básicos desses fornos:

- fornos com canal (com núcleo magnético); e
- fornos com cadinho (sem núcleo magnético).

Características técnicas

- fornos de indução com canal
  - rendimento: 55 a 80%; e
  - potência: 225 a 10000 kW.

- Fornos de indução com cadinho
  - rendimento: 55 a 70%;
  - capacidade: 20 a 40000 kg de ferro; e
  - potência: 15 a 20000 kW.

c) Fornos a arco elétrico

O forno a arco é utilizado para fundir qualquer tipo de metal. Seu funcionamento é ruidoso. Polui bastante.

O calor é gerado a partir dos arcos elétricos formados entre os eletrodos e a carga ou, então, entre eletrodos. O arco elétrico é formado na presença de um gás, normalmente o ar. Os tipos principais são: arco direto, arco indireto, arco submerso e os de eletrodo consumível.

- Arco direto. O arco é formado entre os eletrodos e a carga. Antigamente, eram alimentados por alta tensão. Atualmente, existem os denominados de UHP (Ultra High Power), alimentados por baixa tensão (arcos curtos).
- Arco submerso. Os eletrodos ficam submersos dentro da carga. Na maioria das vezes, são utilizados na redução de óxidos.

- Eletrodo consumível. O eletrodo é fabricado com o próprio material a se fundir. Funciona sob vácuo. O arco é alimentado por corrente contínua.

Características técnicas:

- rendimento 40 a 70%;
- capacidade até 230 t; e
- potência até 90 MVA.

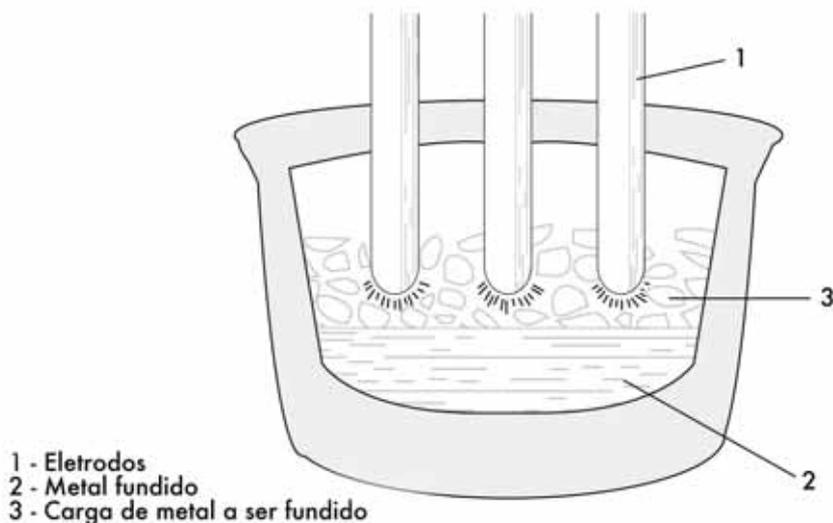



Figura 7.12: Corte esquemático de um forno a arco.

Fonte: Adaptado de CEMIG (14)

Procedimentos para a melhoria da eficiência dos fornos elétricos :

- Procurar otimizar o carregamento (introdução de volumes / pesos de material), ajustando-o à capacidade nominal dos fornos.
- Procurar manter os menores intervalos possíveis de interrupção do processo, para um melhor aproveitamento do calor gerado internamente.
- Manter os refratários em boas condições operacionais, objetivando a redução das perdas térmicas para o ambiente.

Em fornos a resistência:

- Realizar o controle adequado de programas de potência, buscando regular gradualmente as temperaturas internas e os tempos de processamento em função das necessidades efetivas do material processado.

Em fornos de indução eletromagnética e a arco:

- Elaborar e otimizar, continuamente, programas de potência, buscando regular gradualmente as correntes de fusão e os tempos de circulação das mesmas em função do comportamento do material fundido.

Em fornos a arco:

- Realizar o controle de vazão de água do sistema de refrigeração, atuando sobre os motores das bombas.
- Realizar o controle de sucção do sistema de despoeiramento durante os tempos de parada do forno, atuando sobre os motores dos exaustores.
- Processar cargas bem elaboradas, com teor de carbono adequado.
- Regular adequadamente o sopro de oxigênio.

Com base em estudos realizados, verifica-se que, nos casos mais extremos, as medidas aqui indicadas podem proporcionar reduções de 10 a 20% no consumo de energia dos fornos elétricos e economias da mesma ordem na utilização de refratários.

FORNOS A COMBUSTÍVEL

Os fornos a combustível possuem um ou vários equipamento(s) para efetuar a combustão do óleo combustível ou gás. Tais equipamentos são denominados de "*combustores*" ou "*queimadores*".

Em torno do(s) queimador(es), é construída a câmara do forno, onde o calor será cedido ao material de processo (aço, óxidos, etc.)

A câmara deverá ser protegida com camadas de materiais refratários e isolantes térmicos, para reduzir as perdas de calor pelas paredes.

Existem vários tipos de fornos: desde os mais simples, como os fornos de queimar cerâmica vermelha, até os grandes fornos de tratamento térmico, controlados eletronicamente.

O rendimento térmico desses fornos varia de 30 a 70%.

As maiores economias de energia decorrem dos seguintes procedimentos:

- melhoria do isolamento térmico;
- melhoria nas vedações das portas de carga e descarga;
- redução da temperatura dos gases de exaustão na chaminé.

Recomendações para fornos e estufas

- Manter as portas frontais dos compartimentos do forno sempre vedadas e fechadas durante as fornadas.
- Efetuar manutenção periódica nos dispositivos de combustão, controle e exaustão dos gases.
- Manter em bom estado o isolamento térmico da estrutura, o piso e o teto dos fornos.
- Evitar a vaporização excessiva de água dentro dos fornos.

Recomendações para cocção, fritadeiras e assadeiras:

- Não usar sobre balcões frigoríficos, pois o calor prejudicará o sistema de refrigeração e reduzirá sua eficiência.
- Verificar sempre se o uso de exaustores é necessário. Procure fazer uso de tiragem natural através de chaminés e cheque se existe controle adequado da exaustão.
- Manter em bom estado de conservação o isolamento e o dispositivo de controle de temperatura dos equipamentos, utilizando a temperatura adequada para cada produto.
- Observar as normas de segurança, tanto para a instalação quanto para a operação desses equipamentos.
- Reduzir a chama após atingido o ponto de fervura.
- Trabalhar com panelas tampadas; de preferência, sob pressão, pois as perdas são menores e o cozimento é mais rápido.
- Aproveitar os calores residuais dos processos industriais para (pré) aquecer a água de cozimento e de limpeza dos utensílios.
- Verificar, para fornos elétricos que operem no horário de ponta, a possibilidade de executar a cocção fora desse horário, mantendo o alimento aquecido em estufas.
- Não armazenar ou colocar alimentos aquecidos em câmaras frigoríficas. Espere-os esfriar.

7.10 Outros usos

Aquecimento solar

O Sol envia à Terra em menos de uma hora o equivalente à toda a energia que a humanidade consome em um ano. É uma energia renovável, não poluente e abundante no Brasil, em face das suas características de país tropical.

Aquecedores solares de água

Os aquecedores solares são, ao mesmo tempo, captadores e armazenadores de uma energia gratuita. Quando se instala um desses equipamentos, monta-se, na verdade, uma microusina capaz de produ-

zir energia sob a forma de aquecimento de água no mesmo local em que será utilizada. Um sistema de aquecimento solar é formado por um conjunto de coletores solares, um reservatório térmico, um sistema de circulação de água (natural ou forçada) e um sistema auxiliar de aquecimento elétrico (resistência elétrica ou a gás).

A radiação solar aquece a água na serpentina de tubos de cobre, no interior da caixa do coletor solar. A isolação térmica e o vidro que recobrem essa caixa impedem a perda do calor para o ambiente. A água quente circula entre a serpentina e o reservatório termicamente isolado, carreando o calor, que permanecerá armazenado. Em períodos encobertos prolongados, se a temperatura tender a cair abaixo de 40°C o termostato ligará a resistência elétrica (sistema auxiliar de aquecimento elétrico) ou o queimador de gás, para aquecimento suplementar.

Circulação natural

Para as pequenas instalações, a circulação de água é natural, não havendo necessidade de utilização de bomba elétrica.

Circulação forçada

Nas instalações de médio e de grande porte, é normalmente utilizado o sistema de circulação forçada de água, composto por uma motobomba elétrica comandada por um controlador diferencial. Quando a temperatura da água dentro do coletor solar for, aproximadamente, entre 3°C e 10°C maior que a temperatura da água do reservatório térmico, o termostato ativa a bomba circuladora, levando água quente do coletor para o reservatório. O diferencial de temperatura citado é o normalmente utilizado, mas cada instalação deve ser otimizada, usando esse diferencial apenas como referência.

Outros sistemas

Existem outros sistemas de aquecimento solar de água que utilizam o próprio reservatório térmico como coletor solar ou, ainda, instalações com a resistência elétrica fora do reservatório térmico principal, isto é, dentro de um segundo reservatório de menor volume.

Onde e quando podem ser instalados

Os aquecedores solares podem ser instalados em edificações novas ou antigas. No entanto, para possibilitar uma instalação sem problemas técnicos e a custos menores, é importante que os coletores solares sejam previstos na fase inicial do projeto da instalação ou planta.

O custo da aplicação desses equipamentos em edifícios de apartamentos ou vestiários, mantidas as vazões e os níveis de conforto, é inferior ao dos sistemas convencionais normalmente utilizados. Isto significa que o custo do material elétrico necessário para as instalações de chuveiros ou aquecedores elétricos é superior ao custo total de uma instalação de aquecimento solar. A utilização desse equipamento em prédios de habitação coletiva ou locais com grande concentração de banhos, como vestiários de empresas, principalmente naquelas em que os banhos ocorrem no horário de ponta, portanto, mostra ser economicamente viável na fase de projeto. O preço do aparelho solar, geralmente, inclui o transporte, a instalação, a orientação técnica e outros serviços, a maioria deles não incluídos no preço dos equipamentos que ele substitui (aquecedores).

Cuidados com a instalação

Essa é, sem dúvida, a recomendação mais importante. A qualidade da instalação dos aquecedores solares é primordial, pois um bom equipamento pode ter seu funcionamento comprometido por uma instalação mal executada.

Há necessidade de tubulação hidráulica de distribuição dupla, uma para água fria e outra para água quente. Esta última poderá ser executada, em princípio, com qualquer material resistente ao calor, como aço galvanizado, cobre, CPVC e polipropileno. A diferença entre estes materiais está na vida útil, na resistência mecânica e no preço, pois pouca, ou quase nenhuma, influência terão no desempenho do aparelho, requerendo cada um deles uma tecnologia de aplicação diferente.

As distâncias a serem percorridas pela água quente, no caso de aquecedores solares, são, normalmente, superiores às dos aquecedores elétricos. Não se deve, portanto, exagerar no diâmetro das tubulações, pois cada vez que se abrir a torneira muita água resfriada na tubulação terá que passar para a chegada da água quente, causando consumo virtual de água, além do desconforto da espera. O problema de resfriamento da água na tubulação pode ser diminuído isolando-se as redes por meio de lã de vidro, rocha ou vermiculita expandida com cimento, em traço de 6:1 nas paredes.

Essas redes de distribuição poderão ser efetuadas por um instalador. Entretanto, deve-se solicitar orientação ao fabricante do aquecedor solar. Há quesitos técnicos de extrema importância que deverão ser verificados por pessoa competente por ocasião da compra, no local da instalação ou durante a análise dos projetos. Dificilmente um bombeiro ou prático terá condições de orientá-lo corretamente. É imprescindível prever uma orientação por técnico competente no escopo da proposta.

No caso de circulação natural, um dos itens mais importantes é a diferença de altura entre os coletores solares e o reservatório térmico que deve ser colocado acima deles. Essa diferença é que provoca a circulação de água pelos tubos, retirando, rapidamente, o calor gerado pelo sol no coletor solar. Um fabricante criterioso apresentará com clareza os limites mínimos aceitáveis de altura.

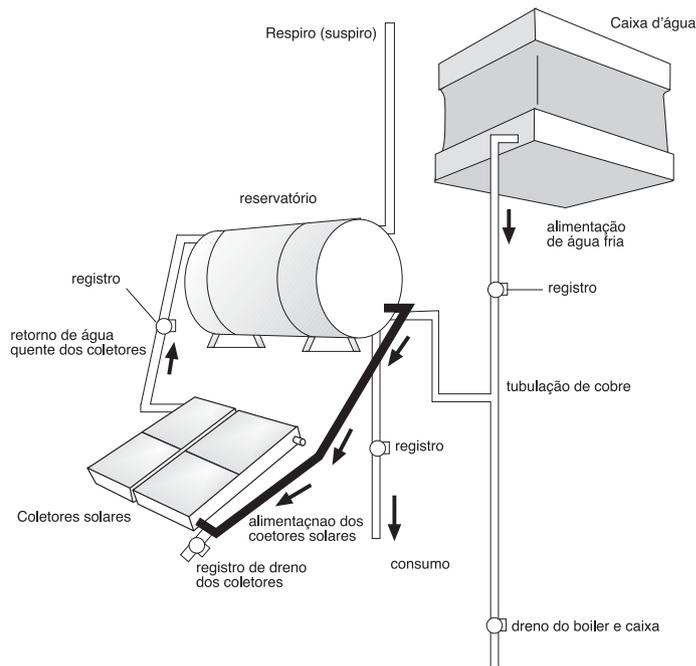



Figura 7.13: Componentes de um sistema de aquecimento solar

Deve-se estar atento a sombreamentos do norte, leste e oeste. Ao sul, pode-se ter até mesmo uma obstrução na vertical. Cuidado especial deve-se ter com o crescimento das árvores existentes na redondeza. É recomendável a consulta a mais de um técnico para confrontar as informações recebidas.

Economia de energia elétrica

Um equipamento bem dimensionado economiza em um ano cerca de 80% da energia que seria necessária para efetuar o mesmo aquecimento via eletricidade. Além da economia de energia elétrica, há um aumento expressivo no conforto, com maior vazão nos chuveiros e maior disponibilidade de água quente.

O aquecimento solar pode ser aplicado em indústrias e empresas comerciais para aquecer a água de banhos e de cocção, em limpeza geral e para pré-aquecer águas de processo. Em hotéis, clubes e escolas, utilizando um aquecedor mais simplificado, sem cobertura de vidro, para aquecer piscinas.

A diferença entre equipamentos residenciais e industriais refere-se ao porte da instalação. As características construtivas e as questões de orientação e de instalação mantêm-se. Porém, devido ao porte, instalações industriais devem ser providas de circulação forçada com bombas e reservatórios de maior porte. Recomenda-se a contratação de projetistas ou consultores especialistas para dimensionar e acompanhar a instalação, bem como o uso de equipamentos (placas e motores) certificados com o selo Procel.

Exaustores eólicos

A instalação de exaustores eólicos em edificações fechadas permite a retirada do ar contaminado e aquecido, renovando constantemente o ar ambiente. Em substituição aos exaustores elétricos, proporcionam uma redução significativa do consumo de energia elétrica da instalação, além de não contribuírem para a poluição sonora, visto que esse tipo de equipamento é silencioso.

Princípio de funcionamento

O funcionamento é simples. O vento que incide sobre o aparelho provoca a rotação e, conseqüentemente, forma um vácuo no interior do exaustor, devido ao formato aerodinâmico das aletas. A massa de ar do ambiente desloca-se para fora, através desse vácuo. Em caso de ausência de ventos, o ar quente ascendente do ambiente exerce uma pressão no rotor, provocando o giro, devido ao fenômeno conhecido como “efeito chaminé” (o ar quente tende a subir).

Aplicações

Tendo em vista a necessidade de economizar energia elétrica, torna-se viável a instalação desse aparelho em supermercados, galpões de fabricação, produção e estocagem de materiais e equipamentos, oficinas mecânicas, garagens, lojas, restaurantes e padarias, dentre diversas outras aplicações em consumidores de todos os ramos de negócios.

Como exemplo pode-se mencionar a instalação de oito exaustores eólicos em um galpão em substituição aos três exaustores elétricos necessários para uma boa renovação do ar interno, resultando numa economia de energia elétrica de aproximadamente 635 kWh/mês. A grande vantagem desse equipamento é o custo operacional zero, já que utiliza o vento como fonte de energia. Além disso, o exaustor apresenta baixíssimo nível de ruído, tem vida útil superior a cinco anos, não necessita de manutenção e renova o ar permanentemente.

Bomba de calor

A bomba de calor é uma máquina que extrai energia de uma fonte a uma temperatura inferior à da fonte a qual tornará disponível; isto é, leva energia da fonte fria para a fonte quente. Para que isso seja possível, deve-se adicionar o trabalho de um motor. A figura 7.14 ilustra o circuito de uma bomba de calor.

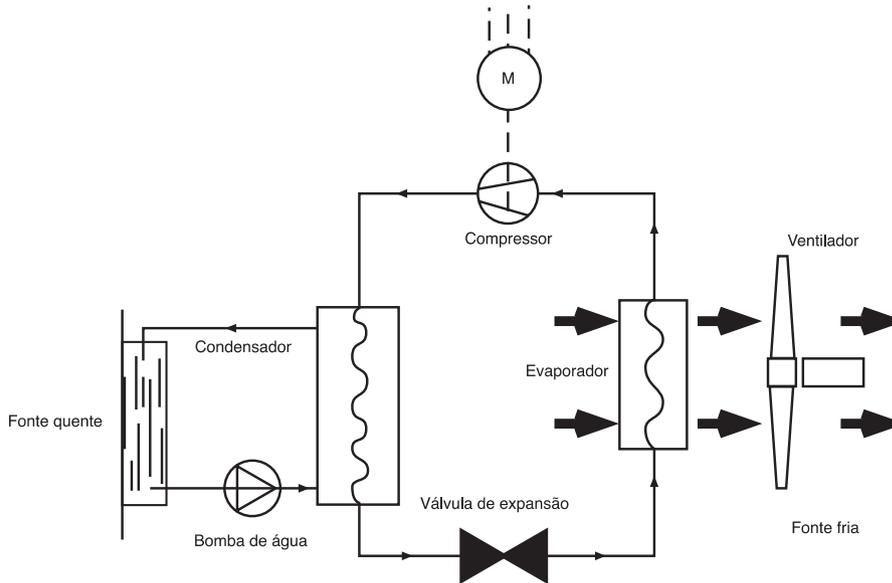



Figura 7.14: Circuito de bomba de calor

A eficiência da bomba de calor é dada pela relação entre a energia térmica utilizável no condensador (Q) e o total de energia consumida para a operação (W), denominada "*coeficiente de performance*" (COP).

$$COP = Q / W \qquad (7.11)$$

Em Q está o calor retirado no condensador e em W deve-se incluir o consumo dos motores do compressor, da bomba de água e do ventilador. Como Q > W, essa relação é maior do que 1. Quanto maior o COP, mais eficiente é a bomba. Valores de COP de 5 a 6 referem-se a máquinas maiores / mais eficientes. Já as máquinas menores e menos eficientes apresentam COP de 2 a 3.

Apesar de o ciclo ser igual ao de refrigeração, em que o interesse é o resfriamento de algum espaço ou material, ele difere deste, pois, nesse caso, o interesse é no aproveitamento do calor conduzido para o condensador, e não para o evaporador, que é o caso da refrigeração. Por envolver temperaturas mais elevadas, utilizam-se maiores pressões. Deve-se ter cuidado com a dissociação do fluido frigorígeno. Para temperaturas mais elevadas, utiliza-se amônia misturada com água.

Sua aplicação ideal é para locais que requerem frio e calor simultaneamente, como indústrias alimentícias e químicas, hospitais e hotéis.

Por ser uma tecnologia nova, seu custo inicial é elevado. Portanto, sua aplicação requer uma análise cuidadosa de viabilidade econômica, considerando o custo de todo o seu ciclo de vida (investimento inicial + custos operacionais + custos de manutenção + valor residual).

8 Links úteis

Institucionais e educacionais

www.cemig.com.br

www.aneel.org.br

www.eletrobras.com/procel

www.inee.org.br

www.abesco.com.br

www.inmetro.gov.br

Controladores de demanda

www.acautomacao.com.br

www.acs.ind.br

www.cck.com.br

www.engecomp.com.br

www.gestal.com

Iluminação

www.gelighting.com/br

www.luz.philips.com.br

www.osram.com.br

www.sylvania.com.br

Motores

www.eberle.com.br

www.kohlbach.com.br

www.weg.com.br

Instalações elétricas

www.abb.com/br

www.siemens.com.br

Frio

www.portalabrava.com.br

www.springer.com.br

www.trane.com.br

www.yorkbrasil.com.br

Bombas

www.jacuzzi.com.br

www.ksb.com.br

Calor

www.brasimet.com.br

9 Referências

1. CATÁLOGO OSRAM.

2. CATÁLOGO SYLVANIA

3. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Como estruturar uma Comissão Interna de Economia de Energia no Serviço Público.** Belo Horizonte: Cemig, {s.d.}.

4. ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ. **Conservação de Energia; eficiência e energética de instalações e equipamentos.** Itajubá: EFEI/FUPAI, 2001.

5. ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ. **Curso Tecnológico de Otimização Energética.** Itajubá: EFEI, 2000.

6. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Guia Operacional de Motores Elétricos.** Rio de Janeiro: CATE/Eletrobrás, 2000.

7. CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica – Guia Técnico.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2002. 225 p.

Manuais Procel:

8. Conservação de Energia Elétrica.

9. Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Edificações.

10. Tarifação de Energia Elétrica.

11. Iluminação Eficiente.

12. Motor de Alto Rendimento

13. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Melhoria do fator de potência em instalações consumidoras.** Belo Horizonte: CEMIG , 1997.

14. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, ENGEPARC. **Treinamento de agentes de negócios - módulos técnicos – área mecânica.** Belo Horizonte: Cemig/Engeparc, 2002.

15. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Treinamento de agentes de negócios – módulos técnicos – área elétrica.** Belo Horizonte: Cemig/Engeparc, 2002.

16. FLÁVIO NEVES TEIXEIRA, ELECTO EDUARDO SILVA LORA. **Impactos ambientais causados pelo descarte de lâmpadas fluorescentes.** Itajubá: Eletrobrás/Fupai/Efficientia, 2004.(Texto do curso Eficiência Energética e Impacto Ambiental)

17. ESCOLA POLITÉCNICA – USP, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Prevenção de resíduos na fonte & economia de água e energia.** São Paulo: USP, 1998.

18. Silva, E., **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte,** 1ª Edição ANEEL/MCT/PNUD, Brasília, 2000. 2ª Edição corrigida e atualizada, editora Interciência: 2003.

ANEXO

Consumidores livres

A - Introdução

Com a reestruturação do setor elétrico brasileiro, que teve início em 1995, foi instituída a figura do consumidor livre, que consiste, basicamente, na possibilidade de o interessado, mediante preenchimento de determinados requisitos, negociar a compra de energia elétrica com fornecedores localizados em qualquer parte do território nacional, desde que atendido pelo sistema interligado.

Essa opção, entre outras idealizadas pelo Poder Concedente, tem como finalidade viabilizar a concorrência entre os diversos agentes, permitindo, assim, que o consumidor tenha condições de negociar um preço que melhor atenda aos seus interesses e, desta forma, pressionar para baixo os preços do insumo energia elétrica, tão importante para o crescimento da economia nacional.

Os critérios para o exercício da opção para a categoria de livre ainda estão em fase de aprimoramentos, uma vez que somente os consumidores considerados grandes podem, no momento, usufruir desta faculdade.

B - Caracterização de consumidores: cativo e livre

Resumidamente, podemos dizer que consumidor cativo é aquele cujo fornecimento de energia elétrica está sujeito às condições gerais de fornecimento, estabelecidas na Resolução ANEEL 456, notadamente no que se refere às questões relacionadas às tarifas. Sobre esta categoria de consumidor incide, em toda a sua plenitude, o princípio de isonomia; ou seja, a Concessionária, Permissionária ou Autorizada, deverá adotar, em sua área de atuação, procedimento único em todas as decisões que lhe são facultadas na citada Resolução.

De outro lado, ao consumidor livre são reservadas prerrogativas que permitem negociar o fornecimento de energia elétrica em condições específicas, principalmente no que tange à questão relacionada ao preço da energia a ser fornecida.

B.1 - Quem pode ser livre

Visando preservar as negociações existentes, formalizadas mediante contrato de fornecimento de energia elétrica, somente após o término do prazo dos contratos os consumidores que preencherem

os requisitos necessários e previstos em legislação poderão fazer opção pelo atendimento como consumidor livre, cujo fornecimento poderá ser efetivado pela concessionária local ou por qualquer outra Concessionária, Permissionária ou Autorizada do sistema elétrico interligado.

Sistema interligado consiste nos sistemas de geração, transmissão e distribuição de propriedade das diversas empresas atuantes nas regiões Sul/Sudeste/Centro-Oeste e Norte/Nordeste, com uso compartilhado por essas empresas, por onde transita energia de diversas fontes e destinos. Dessa forma, a partir do funcionamento da linha de transmissão destinada à interconexão do sistema interligado das regiões Sul/Sudeste/Centro Oeste com o das regiões Norte/Nordeste, a expressão do Sistema Interligado passou a compreender o conjunto desses sistemas, observada a legislação superveniente sobre o assunto.

Atualmente, qualquer novo consumidor com demanda prevista igual ou acima de 3.000 kW, atendido em qualquer tensão de fornecimento, poderá fazer a opção para ser atendido como consumidor livre, bem como os consumidores, ligados em qualquer época, com a mesma demanda e atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV.

Também os consumidores ligados em qualquer tensão com demanda igual ou superior a 3.000 kW com data de ligação após julho de 1995 poderão, após o término de vigência do contrato de fornecimento, fazer opção para ser atendido como consumidor livre.

Ressalta-se que o consumidor em cuja Unidade Consumidora a demanda contratada totalize, em qualquer segmento horo-sazonal, no mínimo, 500 kW, atendido em qualquer tensão, pode optar pela compra de titular de Autorização ou Concessão de aproveitamento hidráulico destinado à produção, independente ou autoprodução de energia elétrica e com características de pequena central hidrelétrica, nos termos da legislação, cuja potência total final esteja compreendida entre 1 e 30 MW.

A tabela 1 resume essas condições.

TABELA 1

UNIDADE CONSUMIDORA	DEMANDA MÍNIMA - kW	TENSÃO MÍNIMA - kV	FONTE GERADORA
Nova	3.000	Qualquer	Qualquer
Instalada após 1995	3.000	Qualquer	Qualquer
Instalada antes de 1995	3.000	Maior que 69	Qualquer
Qualquer	500	Qualquer	PCH* (1 a 30 MW)

* PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

Aqueles consumidores que não tiverem cláusulas de tempo determinadas em seus contratos de fornecimento só poderão exercer a opção de acordo com prazos, formas e condições fixados em regulamentação específica, sendo que nenhum prazo poderá exceder a 36 (trinta e seis) meses, contado a partir da data de manifestação formal à Concessionária, à Permissionária ou à Autorizada de distribuição que os atendam.

Entretanto, o prazo de 36 meses poderá ser reduzido, a critério da Concessionária, Permissionária ou Autorizada responsável pelo seu atendimento.

É importante ressaltar que o consumidor que exercer a opção pela condição de livre deverá garantir o atendimento à totalidade de sua carga, mediante contratação, com um ou mais fornecedores de energia elétrica.

B.2 -Retorno à situação de cativo

Após ter optado para a situação de livre, o consumidor terá a prerrogativa, após o término de seu contrato, de fazer a reopção para a situação original; ou seja, voltar a ser um consumidor cativo, com o retorno da aplicação da tarifa regulada, desde que informe esta intenção à Concessionária, à Permissionária ou à Autorizada de distribuição na qual está conectado, com uma antecedência mínima de 5 (cinco) anos. Esse prazo poderá ser reduzido, mediante acordo entre as partes interessadas.

C - Redução de demanda contratada por unidade consumidora autoprodutora ou produtora independente

Dentro da política governamental de estimular a iniciativa privada a contribuir para aumentar a capacidade de geração, a legislação permite, até 31 de dezembro de 2009, respeitados os contratos vigentes, aos consumidores que pretendam utilizar em suas unidades industriais energia elétrica produzida por geração própria, em regime de autoprodução ou produção independente, a redução da demanda e da energia contratada ou a substituição dos contratos de fornecimento por contratos de uso dos sistemas elétricos, mediante notificação à concessionária de distribuição ou geração, com antecedência mínima de 180 (cento e oitenta) dias.

Essa flexibilização permite às unidades consumidoras com capacidade potencial de geração avaliarem a possibilidade de realizar investimentos específicos de forma a viabilizar a geração do total ou parcial da energia necessária às suas instalações, principalmente nos casos em que possuem resíduos de processos produtivos, que poderão ser utilizados para a geração de energia a baixo custo. Neste caso, a redução da demanda contratada poderá ser realizada mediante solicitação formal, dentro do prazo estabelecido.

D - Acesso aos sistemas

Objetivando permitir que o consumidor possa adquirir energia elétrica de qualquer Concessionária, Permissionária ou Autorizada localizada em qualquer parte do sistema interligado, a legislação estabeleceu as condições para que seja concretizado o acesso ao sistema de distribuição e transmissão de serviço público mediante ressarcimento do custo de transporte à detentora da propriedade do sistema elétrico, que deverá ser calculado em conformidade com os critérios fixados pelo Poder Concedente.

O Concessionário, Permissionário ou Autorizado local deverá informar ao interessado os valores dos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, e de conexão, tanto para os consumidores que exercerem as opções de compra de outros fornecedores quanto para aqueles que optarem pelo fornecimento por intermédio do Concessionário, Permissionário ou Autorizado de distribuição local em condições livremente negociadas.

Deve ser ressaltado que, conforme estabelece a legislação, eventuais investimentos necessários nos sistemas de distribuição e de transmissão, para atendimento de consumidor livre, são de responsabilidade integral de cada Concessionário, Permissionário ou Autorizado proprietário dos respectivos sistemas, exceto aqueles necessários à conexão nos referidos sistemas, os quais são de responsabilidade integral do consumidor.

Serão ainda de responsabilidade do Concessionário, Permissionário ou Autorizado, a cujo sistema elétrico a unidade do consumidor livre estiver ou vier a ser conectada, os seguintes itens:

- operação e manutenção do seu sistema elétrico até o ponto de conexão;
- determinação dos padrões técnicos das instalações de entrada da unidade consumidora;
- ligação da unidade consumidora;
- demais serviços acordados entre as partes; e
- manutenção dos níveis de qualidade adequados para a prestação dos serviços de transmissão e de distribuição, de acordo com a regulamentação específica da ANEEL.

Eventuais investimentos necessários à conexão da Unidade Consumidora aos referidos sistemas são de responsabilidade integral do consumidor. Entretanto, mediante acordo entre as partes, é facultada ao Concessionário, Permissionário ou Autorizado proprietário do sistema elétrico a que a unidade do consumidor livre vier a se conectar a execução, operação e manutenção das instalações de conexão de uso exclusivo do consumidor, cabendo a este os encargos decorrentes, conforme deverá ser estabelecido em contrato específico a ser firmado entre as partes.

Para efeitos legais, considera-se como ponto de conexão o ponto de ligação das instalações da Unidade Consumidora com o sistema elétrico do Concessionário, Permissionário ou Autorizado.

Nos casos em que a Unidade Consumidora vier a se conectar diretamente na Rede Básica, deverão ser observados os padrões técnicos definidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

E - Relações contratuais

Como todos os consumidores atendidos em tensão primária necessariamente têm o seu fornecimento de energia elétrica regulamentada por contrato, é extremamente importante que o interessado em fazer opção pela condição de livre observe o prazo de vigência do mesmo.

Tal recomendação se faz porque, em regra, os contratos possuem cláusulas de renovação automática, caso o consumidor não se manifeste em sentido contrário dentro do prazo especificado. Portanto, é importante que, com a antecedência estabelecida no contrato, o consumidor informe oficialmente à Concessionária, Permissionária ou Autorizada que o atende que não deseja a renovação do contrato. Evidentemente que, mediante consenso entre as partes, o contrato poderá ser rescindido antecipadamente.

Em face dos tempos envolvidos nas negociações de compra de energia, elaboração e assinatura dos novos contratos necessários, é recomendável que antes do término de vigência do contrato sejam iniciadas as cotações com outros fornecedores dos preços de energia e demais condições para a concretização da negociação de compra de energia como consumidor livre. A empresa proprietária do sistema elétrico local, também, deverá ser contatada, objetivando dar início às negociações para a efetivação da conexão, até mesmo para a celebração do respectivo contrato de Conexão e de Uso do Sistema.

Os consumidores que fizerem opção pela situação de serem atendidos como consumidor livre deverão substituir o contrato de fornecimento em vigor, que na sua grande maioria prevê contratação somente de demanda – kW, pelos seguintes contratos:

- de compra e venda de energia elétrica, que será livremente negociado entre as partes, devendo dispor, entre outras coisas, sobre a suspensão do fornecimento por inadimplência do usuário;
- de conexão com a rede elétrica com o Concessionário, Permissionário ou Autorizado proprietário do sistema elétrico ao qual a unidade consumidora será conectada, em que deverão ser estabelecidos as tarifas de uso, os encargos de conexão e as demais condições estabelecidas pela ANEEL; e
- de uso do sistema elétrico de distribuição e/ou de transmissão, quando for o caso, nos termos da legislação específica.

E.1 - Condições gerais de contratação do acesso

O estabelecimento das condições de contratação do livre acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão e de distribuição constitui instrumento básico à efetiva introdução da competição nos segmentos de geração e comercialização de energia elétrica, possibilitando o exercício da opção dos consumidores para livres e induzindo o incremento da oferta ao mercado pelos produtores independentes e autoprodutores de energia elétrica.

O livre acesso é um importante instrumento, que possibilitará a comercialização direta entre produtores e consumidores, independente de suas localizações no sistema elétrico interligado, contribuindo para a redução de custos e a modicidade das tarifas ao consumidor final.

Os consumidores livres deverão negociar e celebrar com o Concessionário, Permissionário ou Autorizado do serviço público de distribuição local os contratos de Conexão e Uso dos Sistemas de Distribuição, de forma a estabelecer as condições necessárias à conexão de suas instalações de distribuição.

Os requisitantes do acesso aos sistemas de transmissão e distribuição deverão encaminhar suas solicitações acompanhadas dos dados e informações necessárias à avaliação técnica do acesso solicitado:

- À ONS e à concessionária de transmissão proprietária das instalações, quando o ponto de acesso pretendido se der nas instalações da rede básica (igual ou maior que 245 kV);
- À Concessionária, Permissionária ou Autorizada de distribuição, quando a conexão pretendida se fizer nas suas instalações de distribuição.

As Concessionárias, Permissionárias ou Autorizadas e o ONS deverão, no prazo de até trinta dias, contados da data do recebimento da solicitação de acesso, informar ao solicitante as condições contratuais, os prazos para conexão e os respectivos encargos, disponibilizando ao requisitante as informações técnicas e os parâmetros adotados nas avaliações.

Havendo necessidade de reforços nos sistemas de transmissão ou de distribuição para atendimento ao acesso solicitado, o prazo acima referido será de até cento e vinte dias.

As providências para a implantação das obras e o próprio acesso ao sistema de transmissão só serão efetivados após a assinatura do Contrato de Uso dos Sistemas de Transmissão com a ONS, estabelecendo as condições técnicas e as obrigações relativas ao uso das instalações de transmissão, e do Contrato de Conexão com a concessionária de transmissão no ponto de acesso.

Em se tratando de acesso aos sistemas de distribuição, os usuários deverão firmar os contratos de Uso dos sistemas de Distribuição e de Conexão com o Concessionário, Permissionário ou Autorizado local.

E.2 - Contratos de uso

Os Contratos de Uso dos Sistemas de Transmissão (CUST) e os Contratos de Distribuição (CUSD) deverão estabelecer as condições gerais do serviço a ser prestado, bem como as condições técnicas e comerciais a serem observadas, dispondo, no mínimo, sobre:

- a obrigatoriedade da observância aos Procedimentos de Rede e aos Procedimentos de Distribuição;
- a obrigatoriedade da observância à legislação específica e às normas e padrões técnicos de caráter geral da Concessionária ou Permissionária proprietária das instalações;
- os montantes de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição contratados nos horários de Ponta e Fora de Ponta, bem como as condições e antecedência mínima para a solicitação de alteração dos valores de uso contratados;
- a definição dos locais e dos procedimentos para medição e informação de dados;
- os índices de qualidade relativos aos serviços de transmissão e distribuição a serem prestados; e
- as penalidades pelo não atendimento dos índices de qualidade relativos aos serviços de transmissão e distribuição a serem prestados.

E.3 – Contratos de conexão

Os Contratos de Conexão às Instalações de Transmissão ou os Contratos de Distribuição deverão estabelecer as condições gerais do serviço a ser prestado, bem como as condições comerciais a serem observadas, dispondo, no mínimo, sobre:

- a obrigatoriedade da observância aos Procedimentos de Rede e aos Procedimentos de Distribuição;
- a obrigatoriedade da observância à legislação específica e às normas e padrões técnicos de caráter geral da Concessionária ou Permissionária proprietária das instalações;
- a descrição detalhada dos pontos de conexão e das instalações de conexão, incluindo o conjunto de equipamentos necessários para a interligação elétrica das instalações do usuário ao sistema de transmissão ou de distribuição, com os respectivos valores de encargos;
- a capacidade de demanda da conexão;
- a definição dos locais e dos procedimentos para medição e informação de dados;
- os índices de qualidade relativos às instalações de conexão; e
- as penalidades pelo não atendimento dos índices de qualidade relativos às instalações de conexão.

As condições técnicas da conexão aplicadas pelas Concessionárias ou Permissionárias não poderão conter exigências discriminatórias em relação àquelas aplicadas aos demais usuários.

E.4 - Contratos de compra de energia elétrica

Essa modalidade de contrato deverá ser firmada entre o consumidor livre e o fornecedor de energia elétrica. Como regra, as condições gerais do contrato poderão ser livremente negociadas entre as partes, notadamente as questões relacionadas com o preço da energia e as condições de faturamento. Recomenda-se que o Contrato de Compra de Energia Elétrica disponha, entre outras orientações, do seguinte:

- os montantes de energia contratados, discretizados em períodos mensais e por posto tarifário, ou, por prerrogativa do consumidor, em períodos inferiores, observados os seguintes critérios:

a) os montantes de energia contratados poderão ser revistos pelo consumidor, conforme condições previamente pactuadas; e

b) com o propósito de permitir o ajuste dos montantes de energia contratados, o estabelecimento de um período de testes, com duração máxima de 6 (seis) ciclos consecutivos e completos de faturamento, durante o qual será faturável o montante de energia medido, observados os respectivos segmentos horosazonais, quando for o caso.

- o preço a ser aplicado ao consumo verificado;
- o prazo de vigência;
- as condições a serem observadas para o caso de ser efetivada a rescisão contratual;
- o estabelecimento de eventual multa a título de rescisão contratual caso a mesma seja requerida formalmente pelo consumidor, fora do prazo estabelecido no contrato;
- o estabelecimento de faixas de tolerância, em relação ao montante contratado, dentro das quais o faturamento será realizado pelo valor medido;
- o estabelecimento da forma de faturamento em caso de se verificar valor medido fora das faixas de tolerância; e
- os critérios de suspensão e religação de fornecimento de energia.

F - Equipamentos de medição

Os equipamentos de medição serão de propriedade do Concessionário, Permissionário ou Autorizado proprietário do sistema elétrico ao qual a Unidade do consumidor livre será conectada, podendo, a critério do consumidor ou agente comercializador, serem instalados equipamentos adicionais de propriedade dos mesmos, visando garantir a confiabilidade das informações necessárias ao faturamento.

Nos casos em que a Unidade Consumidora vier a se conectar diretamente no sistema de transmissão, as especificações dos equipamentos de medição serão definidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

G - Faturamento dos encargos de uso

Os encargos de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição serão devidos por todos os usuários, calculados com base nos montantes de uso, em kW contratados ou verificados, por ponto de conexão, em conformidade com as seguintes fórmulas:

Ec = Tp x Up + Tfp x Ufp

Onde:
Ec - encargo mensal pelo uso dos sistemas de transmissão e de distribuição, em R$;
Tp - tarifa de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição no horário de Ponta, em R$/kW;
Tfp - tarifa de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição fora do horário de Ponta, em R$/kW;
Up – montante do uso no horário de Ponta, em kW;
Ufp – montante do uso fora do horário de Ponta, em kW.

O horário de ponta a ser considerado, em cada caso, será o mesmo estabelecido para a área de concessão pela empresa distribuidora local.

Os montantes de uso associados serão determinados pelos maiores valores entre os contratados e os verificados por medição, por ponto de conexão, em cada período tarifário.

G.1 - Tarifa de ultrapassagem

É de suma importância que o acessante adote procedimentos específicos para gerenciar os valores de uso contratado. Isto porque será aplicada à parcela do uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição superior ao montante contratado por ponto de conexão, a título de penalidade, uma tarifa de ultrapassagem de valor igual a três vezes a tarifa de uso vigente para cada período do dia (Ponta ou Fora de Ponta) quando se verificar ultrapassagem superior a cinco por cento do montante contratado.

Os valores das tarifas de uso dos sistemas de transmissão componentes da Rede Básica serão revistos anualmente pela ANEEL, com as condições estabelecidas pela legislação específica e com os montantes de uso contratados pelos usuários, para o mesmo período.

Os valores das tarifas de uso dos sistemas de distribuição serão propostos pelas Concessionárias ou Permissionárias e aprovados pela ANEEL, de acordo com os encargos associados ao serviço referido na legislação específica, incorporando o uso dos sistemas de transmissão, nos casos aplicáveis a unidades consumidoras.

G.2 - Encargos de conexão

Os encargos de conexão aos sistemas de transmissão ou de distribuição serão de responsabilidade dos usuários acessantes e deverão cobrir os custos incorridos com o projeto, a construção, os equipamentos, a medição, a operação e a manutenção do ponto de conexão.

As instalações de conexão poderão ter seu projeto e execução contratados com empresa de livre escolha do usuário, inclusive o próprio Concessionário, Permissionário ou Autorizado. Entretanto, independente de quem for contratado, sempre deverão ser observadas as normas técnicas e os padrões do Concessionário, Permissionário ou Autorizado proprietário das instalações onde se dará a conexão e, evidentemente, os requisitos do usuário.

G.3 - Faturamento dos encargos

Os encargos de uso dos sistemas de transmissão serão faturados pelas concessionárias de transmissão e pela ONS contra todos os usuários caracterizados como Unidades Consumidoras conectadas nas instalações da Rede Básica.

Em se tratando de instalações de distribuição, a responsabilidade pelo faturamento será do Concessionário, Permissionário ou Autorizado de distribuição contra todos os usuários caracterizados como Unidades Consumidoras, que deverá incorporar os valores correspondentes ao uso dos sistemas de transmissão.

A tabela 2 traça um quadro comparativo entre clientes cativos e livres:

TABELA 2:

CONSUMIDOR	CATIVO	LIVRE
Nº de contratos	1	3
Tipo de contratos	Fornecimento	Compra de energia Uso do Sistema de distribuição ou Transmissão Conexão
Custos	Tarifa regulada	Preço da energia – negociado Tarifa regulada de Uso Encargos – função dos equipamentos especificados

H - Ampliação do mercado livre

A tendência prevalente no setor elétrico brasileiro é no sentido de ampliar o mercado a ser atendido por consumidores livres, de forma a implantar de vez a política de incentivar a existência de concorrência no mercado, possibilitando, por conseguinte, a redução de preço da energia elétrica.

A legislação original que implantou os critérios para transição do consumidor da categoria de cativo para livre prevê que após 8 anos de sua publicação o Poder Concedente poderá reduzir os limites de carga e tensão para que seja permitida a transição para situação de consumidor livre.

Como a Lei 9.074 foi publicada em 1995, o Poder Concedente passou a ter, a partir de 2003, a prerrogativa de implementar novos procedimentos, visando ampliar a possibilidade de consumidores cativos migrarem para livres.